

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-351086

(43)Date of publication of application : 04.12.2002

(51)Int.Cl.

G03F 7/20  
B41J 2/44  
G02B 26/08  
G02F 1/13  
G03B 27/73  
G03F 7/24  
H01L 21/027  
H01S 3/00  
H01S 3/094  
H01S 3/109

(21)Application number : 2001-274359

(71)Applicant : FUJII PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 10.09.2001

(72)Inventor : FUJII TAKESHI

OKAZAKI YOJI

SAWANO MITSURU

NAGANO KAZUHIKO

(30)Priority

Priority number : 2001083739

Priority date : 22.03.2001

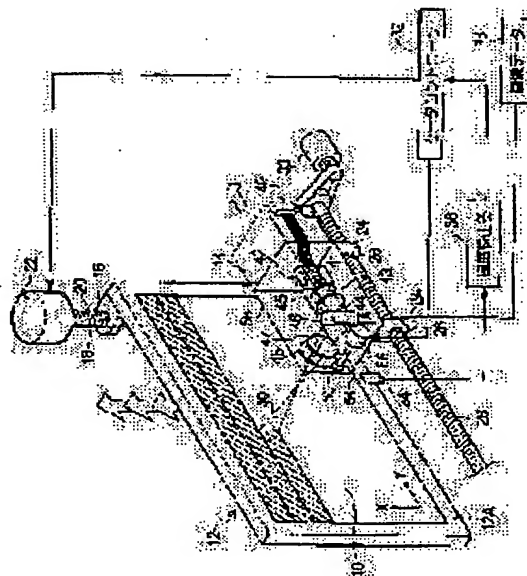
Priority country : JP

### (54) EXPOSURE DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an inexpensive and highly productive exposure device which can directly scan and expose a photosensitive material sensitive to a predetermined region wavelength including an ultraviolet on the basis of digital data.

**SOLUTION:** An exposure head 14 is moved in a Y axial direction by a motor controller 32 at constant speed, and image data 38 are read by one line. The on/off control of each GLV element of an optical modulation array element 46 is performed according to the read image data 38. Thereby, a laser beam 40 emitted from the high power laser beam source 42 of the exposure head 14 is turned on and off, an exposure object 10 is exposed in an X axial direction by pixel unit of almost the same number as the number of GLV elements, and then scanned and exposed in the Y axial direction by one line. Next, a flat stage 12 is moved by one step in the X axial direction by the motor controller 32. Main scanning and subscanning are repeated and the exposure object 10 is exposed like an image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-351086

(P 2 0 0 2 - 3 5 1 0 8 6 A)

(43) 公開日 平成14年12月4日(2002.12.4)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テラト* (参考)
G 0 3 F 7/20	5 0 5	G 0 3 F 7/20	5 0 5 2C362
B 4 1 J 2/44		G 0 2 B 26/08	E 2H041
G 0 2 B 26/08		G 0 2 F 1/13	1 0 1 2H088
G 0 2 F 1/13	1 0 1	G 0 3 B 27/73	2H097
G 0 3 B 27/73		G 0 3 F 7/24	Z 2H110

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-274359(P2001-274359)	(71) 出願人	000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(22) 出願日	平成13年9月10日(2001.9.10)	(72) 発明者	藤井 武 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2001-83739(P2)	(72) 発明者	岡崎 洋二 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(32) 優先日	001-83739)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳 (外3名)
(33) 優先権主張国	平成13年3月22日(2001.3.22) 日本(JP)		

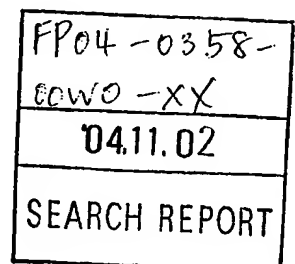
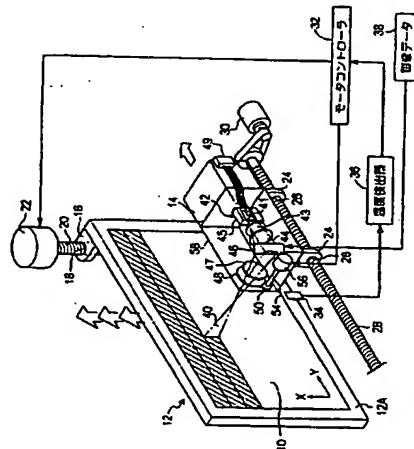
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】 紫外を含む所定波長領域に感度を有する感光材料をデジタルデータに基づいて直接走査露光することができる露光装置を提供する。安価で生産性が高い露光装置を提供する。

【解決手段】 モータコントローラ32により露光ヘッド14がY軸方向に一定速度で移動されるに伴い、画像データ38が1ライン分読み出され、読み出された画像データ38に応じて光変調アレイ素子46のGLV素子の各々がオンオフ制御される。これにより露光ヘッド14の高出力のレーザ光源42から出射されるレーザ光40がオンオフされて、露光対象物10がX軸方向にGLV素子の数と略同数の画素単位で露光されると共に、Y軸方向に1ライン分走査露光される。次に、モータコントローラ32によりフラットステージ12がX軸方向に1ステップ移動される。以上の主走査及び副走査を繰り返し、露光対象物10が画像様に露光される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射する高出力レーザ光源を備えと共に、前記所定波長領域に感度を有する感光材料を、前記高出力レーザ光源から出射され且つ画像データに応じて変調された光ビームで所定走査方向に走査して露光する露光手段と、前記露光手段を前記感光材料に対して前記所定走査方向と交差する方向に相対移動させる移動手段と、

を含む露光装置であって、

前記高出力レーザ光源を、窒化ガリウム系半導体レーザ、窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザ、赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ、及び窒化ガリウム系半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザのいずれかで構成した露光装置。

【請求項2】紫外を含む所定波長領域のパルス駆動により光ビームを出射する高出力レーザ光源を備えと共に、前記所定波長領域に感度を有する感光材料を、前記高出力レーザ光源から出射され且つ画像データに応じて変調された光ビームで所定走査方向に走査して露光する露光手段と、

前記露光手段を前記感光材料に対して前記所定走査方向と交差する方向に相対移動させる移動手段と、

を含む露光装置であって、

前記高出力レーザ光源を、窒化ガリウム系半導体レーザ、窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザ、赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ、及び窒化ガリウム系半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザのいずれかで構成した露光装置。

【請求項3】前記露光手段を複数設け、該複数の露光手段の各々を前記感光材料に対し各々独立または一体に移動可能にした請求項1または2に記載の露光装置。

【請求項4】前記露光手段は、静電気力を利用した電気機械動作により駆動されて光ビームを変調する空間変調素子を備えている請求項1～3のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項5】前記空間変調素子を、複数の可動マイクロミラーを配列したデジタル・マイクロミラー・デバイスで構成した請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】前記空間変調素子を、反射回折格子型のグレーティング・ライト・バルブ素子で構成した請求項4

に記載の露光装置。

【請求項7】前記空間変調素子を、第1の反射面が形成された微小固定素子と、第2の反射面が形成された微小可動素子と、が基板面上に所定方向に沿って交互に多数個配列され、静電力が作用したときに微小可動素子が移動して第1の反射面と第2の反射面との距離が変化し、入射光を回折させる反射回折格子型のグレーティング・ライト・バルブ素子で構成した請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】前記空間変調素子を、複数のグレーティング・ライト・バルブ素子を前記所定走査方向に略直交する方向に1列または複数列に分けて配列した光変調アレイ素子として構成した請求項6または7に記載の露光装置。

【請求項9】前記グレーティング・ライト・バルブ素子の格子板長手方向が、前記光変調素子アレイの配列方向に一致している請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】前記空間変調素子は、素子表面の法線を軸として、光軸に対し所定角度回転した向きで配置される請求項6～9のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項11】前記感光材料は、縦型の平板ステージに保持される請求項1～10のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項12】前記高出力レーザ光源を、窒化ガリウム系半導体レーザをファイバに結合した第1のレーザ光源、複数の窒化ガリウム系半導体レーザを合波光学系によりファイバに結合した第2のレーザ光源、前記第1のレーザ光源のファイバ及び前記第2のレーザ光源のファイバの少なくとも一方を線状のレーザ光束が出射されるようにアレイ状に配列した線状レーザ光源、及び前記第1のレーザ光源のファイバ及び前記第2のレーザ光源のファイバの少なくとも一方をスポット状のレーザ光束が出射されるようにバンドル状に配列した面状レーザ光源のいずれかで構成した請求項1～11のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項13】前記高出力レーザ光源を、紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射する複数のレーザ光源、及び該複数のレーザ光源から出射されたレーザ光を合波する合波光学系を含んで構成した請求項1～12のいずれか1項に記載の露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置に関し、特に、350nm～420nmの紫外を含む所定波長領域に感度を有する感光材料を、高出力レーザ光源から出射された連続駆動またはパルス駆動された光ビームで走査して露光する露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイ(LCD)は、従来のCRTに比べコンパクトで薄型という特徴を持ってお

り、ポータブルテレビ、パソコン、携帯電話など様々な分野に活用され、その市場も拡大している。液晶カラーフィルタは、LCDをカラー化するための部材であり、ガラス基板上に赤・緑・青の3原色パターンが規則正しく配列された構造を有している。LCDの用途拡大に伴い、この液晶カラーフィルタにおいても、大型化・高精細化が求められている。

【0003】従来、液晶ディスプレイの製造工程で用いられている露光装置には、大きく分けて、プロキシミティ方式、ミラープロジェクション方式、及びステッパー方式の3つの方式がある。この中でも、液晶カラーフィルタの製造（特に、フォトリソグラフィ工程）には、主にプロキシミティ方式の露光装置が使用されている。プロキシミティ方式の露光装置を用いてフォトリソグラフィを行う際には、マスクを通して紫外光線を一面に照射し、フォトレジスト（感光材料）を露光する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プロキシミティ方式の露光装置では、マスクと基板を数10 $\mu$ mのわずかな間隔で近接させて一括露光を行うため、

(1) 大型で高価なマスクが必要であると共に、基板との接触でマスクが傷つき易くマスクコストが増大する、(2) マスクと基板をわずかな間隔で近接させるため、マスク及び感光材料の高精度な保持機構、アライメント機構が必要になる、(3) マスク及び感光材料の熱収縮による描画精度の低下を防止するため、温度安定化機構が必要になる、(4) 紫外光源として超高圧水銀ランプを使用するが、その寿命が短く交換頻度が高い、(5) 消費電力が大きい、といった問題があった。

【0005】また、プリント基板（PCB）の製造工程で使用される露光装置は、フィルムマスクを用いた水銀ランプの一括露光方式が主流である。PCBの露光に関しては、露光装置の部品実装の高密度化に伴うパターンの高精細化が進んでいるが、フィルムマスクを使用しているため、フィルムの温湿度変化に伴う伸縮、基板側の温度による伸縮により現状以上の高精細化を図ることが困難である、という問題があった。なお、フィルムマスクに代えてガラスマスクを使用すればフィルムの伸縮の問題は解決するが、ガラスマスクは高コストで取り扱いが難しい。

【0006】PCBの製造工程においては、多品種少量生産、即時生産（いわゆるオンデマンド生産）が時流であるが、一括露光方式はマスク露光に準備時間が掛かるのでオンデマンド生産には適さない、という問題があった。また、一括露光方式では、埃塵やマスク欠陥に起因して歩留まりが低下する、という問題があった。加えて、マスク露光では、超高圧水銀ランプ、マスク費用等が必要でランニング・コストが高くなる、という問題がある。更に、信号の高周波化に伴い、PCBにおけるパターン再現性が強く求められる傾向にあるため、実際の

量産ラインで試作した基板を性能検証しないと、性能が保証できない状況になってきており、量産ラインにおいてもフレキシブルな生産が可能なマスクレス露光装置に対する要求が強まってきている。

【0007】また、プラズマ・ディスプレイ・パネル（PDP）の製造工程では、従来、主に上記のプロキシミティ方式の露光装置が使用されているが、PDPはディスプレイサイズが大きいため、マスクサイズも大きくなり、マスクコストが高くなる、という問題があった。

また、プラズマ・ディスプレイはオンデマンド生産の要求が高く、オンデマンド生産に適した露光装置が必要とされていた。なお、マスク露光に伴うランニング・コストの問題がある点は、液晶ディスプレイやプリント基板の露光の場合と同様である。

【0008】近年、プリント基板やプラズマ・ディスプレイ・パネルの露光装置として、レーザ走査露光装置が実用化されている。レーザ走査露光を用いることにより、上述のマスク露光における問題点を解決することができる。しかしながら、レーザ走査露光装置は普及して

いないのが現状である。普及しない理由としては、従来のレーザ走査露光装置は、光源として数ワットクラスのアルゴンガスレーザを使用しているため、(1) マスク露光装置並みの露光速度（生産性）を得るためには高感度な被露光材料が必要となる、(2) ガスレーザ自体が高価で装置価格が高くなると共にメンテナンス費用も高価である、(3) 従来の被露光材料では光源パワーが低いために生産性が非常に低い、(4) 一部の機種では光源波長が488nm、532nmと可視波長領域にあり、暗室作業が必要となる、(5) 高感度で且つ可視波長域に感度を持つ特殊な被露光材料はコストが高く、安定性が不十分である、という問題があった。

【0009】本発明は上記従来技術の問題点を鑑み成されたものであり、本発明の目的は、紫外を含む所定波長領域に感度を有する感光材料をデジタルデータに基づいて直接走査露光することができる高速且つ高精細な露光装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、高感度材料等の特殊で高価な被露光材料を使用することなく、安価で生産性が高い露光装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の露光装置は、紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射する高出力レーザ光源を備えると共に、前記所定波長領域に感度を有する感光材料を、前記高出力レーザ光源から出射され且つ画像データに応じて変調された光ビームで所定走査方向に走査して露光する露光手段と、前記露光手段を前記感光材料に対して前記所定走査方向と交差する方向に相対移動させる移動手段と、を備えると共に、前記高出力レーザ光源を、窒化ガリウム系半導体レーザ、窒化ガリウム系半導体レーザで固体レ

一ザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザ、赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ、及び窒化ガリウム系半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザのいずれかで構成し、連続駆動またはパルス駆動したことを特徴とする。

【0011】本発明の露光装置は、紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射する高出力レーザ光源を備える露光手段を備えており、高出力レーザ光源としては、上記の窒化ガリウム系半導体レーザ、窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザ、赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ、及び窒化ガリウム系半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザのいずれかを備えている。

【0012】これらのレーザ光源は、従来にない数10ワット級の高出力レーザ光源であって、連続駆動またはパルス駆動が可能である。従来、紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射するレーザ光源は安価に高出力化を図るのが難しく、液晶カラーフィルタ製造用のフォトリソ等露光する露光光源としてレーザ光源は用いられていなかった。しかしながら、上記の高出力レーザ光源を使用することにより、安価で高速且つ高精細な露光装置を提供することができる。

【0013】上記の通り紫外を含む所定波長領域の光ビームを出射する高出力レーザ光源を備える露光手段により、前記所定波長領域に感度を有する感光材料が、高出力レーザ光源から出射され且つ画像データに応じて変調された光ビームで所定走査方向に走査されて露光されると共に、この露光手段が移動手段によって感光材料に対して前記所定走査方向と交差する方向に相対移動されるので、感光材料の略全面をデジタルデータに基づいて直接走査露光することができる。これによりマスクが不要となると共に、高感度材料等の特殊で高価な被露光材料を使用することなく、安価で生産性が高く、高速且つ高精細な露光装置が提供される。

【0014】上記の露光装置において、高出力レーザ光源から出射される紫外を含む所定波長領域のパルス駆動された光ビームで露光することにより、照射した光による熱の拡散が防止され、更に高速且つ高精細な露光が可能となる。したがって、パルス駆動されたレーザ光のパルス幅は短い方がよく、好ましくは、1psec~100nsec、より好ましくは、1psec~300ps

ecが適している。以上に述べたレーザ光源は従来にない高出力化ができるだけでなく、ピコ秒オーダーの短パルス発振も可能であり、高速且つ高精細な露光が可能となる。紫外を含む所定波長域としては、350nm~420nmが好ましく、低コストな窒化ガリウム系半導体レーザを用いるという点では、最も高出力化が期待できる405nmがより好ましい。

【0015】上記の露光装置において露光手段を複数設け、該複数の露光手段の各々を感光材料に対し各々独立または一体に移動可能にしてもよい。複数の露光手段により露光することで、更に高速での露光が可能となる。

【0016】また、露光手段は、静電気力を利用した電気機械動作により駆動されて光ビームを変調する空間変調素子を備えていることが好ましい。例えば、空間変調素子を、複数の可動マイクロミラーを配列したデジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD、テキサツ・インスツルメント社製)や、反射回折格子型のグレーティング・ライト・バルブ素子(GLV素子、シリコン・ライトマシーン社製)で構成することができる。なお、GL

V素子の詳細については米国特許第5311360号に記載されている。反射回折格子型の空間変調素子は、従来の透過光を変調する光学素子(PLZT素子)や液晶光シャッタ(FLC)等の透過型の空間変調素子に比べて、紫外を含む所定波長領域の高出力光ビームに対する耐久性が高く、従来にない数10ワット級の高出力レーザ光源を連続駆動またはパルス駆動させて使用する場合にも、安定して使用することができる。このため、高出力レーザ光源を用いて露光を行う場合にも露光装置の信頼性が向上する。なお、高出力レーザ光源をパルス駆動させて使用することにより、露光装置の信頼性がより一層向上する。

【0017】空間変調素子は、第1の反射面が形成された微小固定素子と、第2の反射面が形成された微小可動素子と、が基板面上に所定方向に沿って交互に多数個配列され、第1の反射面を構成する微小可動素子に電圧を印加し、静電力が作用することで微小可動素子が移動して第1の反射面と第2の反射面との距離が変化し、入射光を回折させる反射回折格子型のグレーティング・ライト・バルブ素子で構成することが特に好ましい。第1の反射面及び第2の反射面は、静電力が作用していないときに、同一平面上に位置していても異なる平面上に位置していてもよいが、静電力が作用したときに第1の反射面と第2の反射面との距離が変化して新たな回折格子が形成され、入射光を所定方向に回折させる。そして、微小固定素子と微小可動素子との対を複数個1画素に対応させて、この複数の素子対に対して画像データに応じて静電力を作用させるかまたは静電力が作用しないようにすることにより、感光材料をライン状に露光することができる。グレーティング・ライト・バルブ素子を構成する可撓薄膜の材質、形状を最適化することにより、低

い駆動電圧（数V～数十V）で、動作速度が数十〔ns ec〕程度まで得られ、耐久性が向上すると共に高速露光も可能になる。

【0018】グレーティング・ライト・バルブ素子を用いる場合には、空間変調素子を、複数のグレーティング・ライト・バルブ素子を、前記の所定走査方向に略直交する方向に1列または複数列に分けて配列した光変調アレイ素子として構成してもよい。複数列に分けて配列する場合としては、例えば千鳥状に配列する場合が挙げられる。この場合、グレーティング・ライト・バルブ素子の格子板長手方向が、光変調素子アレイの配列方向に一致していることが好ましい。

【0019】また、空間変調素子は、素子表面の法線を軸として、光軸に対し所定角度回転した向きで配置されていてもよい。

【0020】高出力レーザ光源としては、以下に示すレーザ光源を用いることができる。これらのレーザ光源は、連続駆動またはパルス駆動されて、紫外を含む所定波長領域（350nm～420nm、好ましくは405nm）のレーザ光を出射する。

【0021】（1）窒化ガリウム系半導体レーザ。例えば、ブロードエリア発光領域を有する窒化ガリウム系半導体レーザ、10mm長バー型構造半導体レーザ、複数の発光点を有する窒化ガリウム系半導体レーザチップによる半導体レーザでもよい。また、複数の発光点を有する窒化ガリウム系半導体レーザチップを複数実装することにより構成される特願2001-273849号に開示されているアレイ型半導体レーザであれば、より高出力を得ることができる。

【0022】（2）窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザ。例えば、希土類元素イオンとして少なくともPr<sup>3+</sup>が添加された固体レーザ結晶、該固体レーザ結晶を励起するレーザビームを出射する窒化ガリウム系半導体レーザ、及び前記固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを紫外を含む所定波長領域の光に波長変換する光波長変換素子を備えた半導体レーザ励起固体レーザである。

【0023】Pr<sup>3+</sup>が添加された固体レーザ結晶は、GaN系半導体レーザにより励起されて、700～800nmの波長帯で効率良く発振する。つまり、例えばP<sub>0</sub>→F<sub>4</sub>の遷移によって、Pr<sup>3+</sup>の発振ラインである波長720nmの赤外域の固体レーザビームを効率良く発振させるので、この固体レーザビームを光波長変換素子により第2高調波に波長変換すれば、波長360nmの高強度の紫外光を得ることができる。また、第3高調波を発生させる場合のように構成が複雑化することがなく、低コストの半導体レーザ励起固体レーザが実現される。

【0024】（3）窒化ガリウム系半導体レーザでファ

イバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザ。例えば、Er<sup>3+</sup>、Ho<sup>3+</sup>、Dy<sup>3+</sup>、Eu<sup>3+</sup>、Sn<sup>3+</sup>、Sm<sup>3+</sup>、及びNd<sup>3+</sup>のうちの少なくとも1つとPr<sup>3+</sup>とが共ドープされたコアを持つファイバ、該ファイバを励起するレーザビームを出射する窒化ガリウム系半導体レーザ、及び前記ファイバを励起して得られたレーザビームを紫外を含む所定波長領域の光に波長変換する光波長変換素子を備えたファイバレーザである。

10 【0025】Er<sup>3+</sup>、Ho<sup>3+</sup>、Dy<sup>3+</sup>、Eu<sup>3+</sup>、Sn<sup>3+</sup>、Sm<sup>3+</sup>、及びNd<sup>3+</sup>は、波長380～430nmに吸収帯があり、GaN系半導体レーザによって励起され得る。そして、励起された電子をPr<sup>3+</sup>の励起準位（例えばP<sub>0</sub>→P<sub>1</sub>）にエネルギー移動し、下準位に落とすことにより、Pr<sup>3+</sup>の発振ラインである青、緑、赤色領域の発振が可能となる。波長380～430nmはGaN系半導体レーザが比較的発振しやすい波長帯であり、特に波長400～410nmは、現在提供されているGaN系半導体レーザの最大出力が得られる波長帯であるので、Er<sup>3+</sup>、Ho<sup>3+</sup>、Dy<sup>3+</sup>、Eu<sup>3+</sup>、Sn<sup>3+</sup>、Sm<sup>3+</sup>、及びNd<sup>3+</sup>をGaN系半導体レーザによって励起すれば、励起光の吸収量が大きくなり、高効率化および高出力化が達成される。また、光学部品が少なくして簡潔な構成となり、損失が低減され、温度安定領域も広くなる。

【0026】なお、励起光源であるGaN系半導体レーザとしては、単一縦、横モード型のものを使用できることは勿論、その他ブロードエリア型、フェーズドアレイ型、MOPA型、あるいはGaN系半導体レーザを合波し、ファイバへ結合したファイバ型の高出力タイプのもので1個または複数個使用することもできる。また、ファイバレーザを励起光源とすることもできる。このように高出力な励起光源を用いることにより、更なる高出力、例えばW（ワット）クラスの高出力を得ることも可能である。また、（2）、（3）で述べた発光スペクトルの広いPr<sup>3+</sup>を用いたレーザは、モードロックにより容易にpsecパルス駆動ができ、高繰り返し動作も可能になる。さらに、psec発振のため、高効率波長変換ができる。

40 【0027】（4）赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ。例えば、Nd<sup>3+</sup>ドープ、Yb<sup>3+</sup>ドープ、またはEr<sup>3+</sup>とYb<sup>3+</sup>とが共ドープされたコアを持つファイバ、該ファイバを励起する赤外領域のレーザビームを出射する半導体レーザ、及び前記ファイバを励起して得られたレーザビームを紫外を含む所定波長領域の光に波長変換する光波長変換素子を備えたファイバレーザまたはファイバアンプである。光波長変換素子として  
50 は、THG（第3高調波発生）素子、FHG（第4高調

波発生)素子を用いることができる。

【0028】(5)窒化ガリウム系半導体レーザをファイバへ合波したレーザ。例えば、特願2001-273870号及び特願2001-273871号に開示されているように、複数の窒化ガリウム系半導体レーザを合波光学系で合波結合することにより、ファイバから高出力を得ることができる。複数のビームを出射する半導体レーザチップによる半導体レーザを集光光学系によりファイバに合波したレーザでもよい。また、ブロードエリア発光領域を有する窒化ガリウム系半導体レーザビームをファイバに合波してもよい。これらのファイバをアレイ状に配置して線状光源とすること、またはバンドル状に配置して面状光源とすることにより、さらに高出力を得ることができる。

【0029】また、高出力レーザ光源を、複数のレーザ光源、及び該複数のレーザ光源から出射されたレーザ光を合波する合波光学系を含んで構成してもよい。合波光学系を用いて複数のレーザ光源から出射されたレーザビームを合波することにより、光源の高出力化を図ることができる。複数のレーザ光源及び合波光学系を含んで高出力レーザ光源を構成する場合には、レーザ光源としては、上記(1)～(5)のレーザ光源を用いることができる。

【0030】特に、窒化ガリウム系半導体レーザは、半導体レーザであるため、低コストなシステムを構成することが可能である。また、窒化ガリウム系半導体レーザは、転移の移動度が非常に小さく、熱伝導係数が非常に大きいので、赤外波長領域の光源に比べ非常に高いCOD (Catastrophic Optical Damage) 値を有している。さらに、半導体レーザであるため、短周期で高いピークパワーを有するパルスによる繰り返し動作が可能であり、これにより、照射した光による熱の拡散が防止され、高速かつ高精細な露光を行うことができる。したがって、窒化ガリウム系半導体レーザを光源に使用することで、安価かつ高速・高精細な露光装置を提供することができる。

【0031】感光材料としては、液晶カラーフィルタ形成用感光材料、プリント配線基板製造用のフォトリソト、プラズマ・ディスプレイ用の電極、隔壁、及び蛍光体、印刷用刷版、有機ELの隔壁、及び光回路基板を挙げることができる。これら感光材料は、縦型の平板ステージに保持することができ、感光材料を縦型の平板ステージに保持した状態で高精度な露光が図られる。また、感光材料として、感光性シリンドラまたは感光性材料を塗布したシリンドラを用いたエクスターナル・ドラム方式としてもよい。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

(第1の実施の形態)本発明の露光装置を液晶カラーフ

ィルタ製造工程におけるフォトリソの露光に適用した実施の形態について説明する。この露光装置は、図1に示すように、露光対象物10を側面に吸着して保持する縦型のフラットステージ12と、画像データ38に応じて変調されたレーザ光40で露光対象物10を走査露光する露光ヘッド14とを備えている。フラットステージ12は、図示しないガイドによって、X軸方向に移動可能に支持されており、露光ヘッド14は、図示しないガイドによって、Y軸方向に移動可能に支持されている。

【0033】フラットステージ12の裏面角部には1対のナット16が固定されており、ナット16の雌ねじ部18にはリードスクリュー20が螺合されている。リードスクリュー20の一方の端部にはリードスクリュー20を回転させる駆動モータ22が取り付けられており、駆動モータ22はモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ22によるリードスクリュー20の回転に伴い、フラットステージ12がX軸方向にステップ状に移動される。

【0034】露光ヘッド14の下部には1対のナット24が固定されており、ナット24の雌ねじ部26にはリードスクリュー28が螺合されている。リードスクリュー28の一方の端部にはリードスクリュー28を回転させる駆動モータ30がベルトを介して連結されており、駆動モータ30はモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ30によるリードスクリュー28の回転に伴い、露光ヘッド14がY軸方向に往復移動される。

【0035】フラットステージ12の露光面側の表面12Aには、ステージ表面の温度を検出する温度センサ34が取り付けられている。温度センサ34は温度検出回路36を介してモータコントローラ32に接続されており、モータコントローラ32は温度検出回路36の検出温度に基づいて、駆動モータ22及び駆動モータ30の回転を制御する。

【0036】露光対象物10は、図2(A)に示すように、ブラックマトリックス2が形成されたガラス基板4上に、例えばR色の顔料を紫外線硬化樹脂に分散させたカラーレジスト膜6を形成したものである。この露光対象物10にレーザ光40を照射すると、図2(B)に示すように、カラーレジスト膜6のレーザ光40が照射された部分だけが硬化してR色のカラーフィルタ部8が形成される。

【0037】露光ヘッド14は、図3に示すように、高出力なレーザ光源42、レーザ光源42から入射されたレーザ光をX軸方向に沿った細いライン状の光線束に収束させるレンズ43、44、入射されたレーザ光を画像データ38に応じて各画素毎に変調する光変調アレイ素子46、及び光変調アレイ素子46で変調されたレーザ光を露光対象物10の表面に倍率を変えて結像させるズ

ームレンズ47、48で構成された露光ユニットを備えている。この露光ユニットを構成する各部材はケーシング58内に収納されており、ズームレンズ48から出射されたレーザ光40は、ケーシング58に設けられた図示しない開口を通過して露光対象物10の表面に照射される。

【0038】レーザ光源42は、半導体レーザを含むレーザ部49と、該レーザ部49の半導体レーザの各々に光結合されたマルチモードファイバ41とから構成されている。長尺状に構成されている光変調アレイ素子46に光変調アレイ素子46の長さ方向に延びた線状のレーザ光を出射するように、多数本（例えば、5本）マルチモードファイバ41が光変調アレイ素子46の長さ方向に沿ってアレイ状に配列されている。マルチモードファイバ41の各々は、直線状の溝がビーム出射方向に平行に多数本形成されたファイバホルダー45の各溝に保持されている。なお、レーザ光源42の詳細な構成については後述する。

【0039】ズームレンズ48の外周縁部にはナット50が固定されており、ナット50の雌ねじ部52にはリードスクリュー54が螺合されている。リードスクリュー54の一方の端部にはリードスクリュー54を回転させる駆動モータ56が取り付けられており、駆動モータ56はモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ56によるリードスクリュー54の回転に伴い、ズームレンズ48が光軸に沿って移動され露光倍率の調整が行われる。なお、通常、ズームレンズは組合せレンズで構成されるが、図示を簡単にするため1枚のレンズのみ示した。

【0040】レーザ光源42、レンズ43、44、光変調アレイ素子46、及びズームレンズ47、48は、図示しない固定部材によってケーシング58に固定されており、ズームレンズ48は、図示しないガイドによって光軸方向に移動可能に支持されている。レーザ光源42及び光変調アレイ素子46の各々は、図示しないドライバを介してこれを制御する図示しないコントローラに各々接続されている。

【0041】レーザ光源42としては、例えば、特願2001-273870号に記載されている、窒化ガリウム系半導体レーザをファイバに合波結合して構成されるレーザ光源を用いることができる。このレーザ光源42は、図4(A)に示すように、例えば8個のマルチモード窒化ガリウム(GaN)系半導体レーザLD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6、LD7およびLD8と、合波光学系234とから構成されている。GaN系半導体レーザLD1~LD8の発振波長は、発振可能な390~410nmの範囲内で、高出力発振可能な波長が選択され、例えば、395nm、396nm、397nm、398nm、399nm、400nm、401nm、402nmと1nmずつ異なる波長とされてい

る。なお、このときの各レーザの出力は全て共通の100mWである。

【0042】GaN系半導体レーザLD1~LD8の各々に対応して、各々から出射する発散光状態のレーザビームB1~B8を平行光化するコリメートレンズC1~C8が設けられている。

【0043】合波光学系234は、平行平板プリズム236と、その一方の表面236aに貼着された狭帯域バンドパスフィルタF3、F5およびF7と、平行平板プリズム236の他方の表面236bに貼着された狭帯域バンドパスフィルタF2、F4、F6およびF8とから構成されている。これらの狭帯域バンドパスフィルタF2~F8は各々、平行平板プリズム236の表面236aと粘着された粘着面から入射される光を例えば反射率98%で反射し、且つ粘着面と反対側から入射される所定波長域の光を例えば透過率90%で透過するように形成されている。図5に、これらの狭帯域バンドパスフィルタF2~F8の透過スペクトルを、後述する狭帯域バンドパスフィルタF1の透過スペクトルと併せて示す。

【0044】GaN系半導体レーザLD1~LD8の各々は、各々から出射したレーザビームB1~B8が狭帯域バンドパスフィルタF2~F8に対して5°の入射角で入射するように配設されており、各GaN系半導体レーザLD1~LD8から出射した波長395nm、396nm、397nm、398nm、399nm、400nm、401nm、402nmのレーザビームB1~B8は、平行平板プリズム236に入射した後、狭帯域バンドパスフィルタF2~F8で反射されながら1本に合波され、波長多重された高出力（例えば、約0.5W）のレーザビームBが平行平板プリズム236から出射し、レンズ233によって集光され、コア径約10μm、NA=0.3のマルチモードファイバ41に結合される。このマルチモードファイバ41を、図4(B)に示すように、出射端面がアレイ状になるように配列することで、例えば100本アレイ化することで50Wの線状ビームを得ることができる。なお、図1に示すように、GaN系半導体レーザLD1~LD8、平行平板プリズム236、及びレンズ233を含むレーザ部49は、露光ヘッド14のケーシング58内部に配置されて

いる。

【0045】次に、図6及び図7を参照して、光変調アレイ素子46として用いるGLV素子の構成及び動作原理を説明する。GLV素子201は、例えば米国特許第5,311,360号に開示されているように、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)タイプの空間変調素子(SLM; Spatial Light Modulator)であり、図6に示すように、グレーティングを一方に複数配列して構成されている。

【0046】図6に示すように、GLV素子201のシリコン等からなる基板203上には、可動格子となるリ

ボン状のマイクロブリッジ209が多数個(例えば、6480個)設けられている。複数のマイクロブリッジ209が平行に配列されることで複数のスリット211が形成されている。マイクロブリッジ209は、基板203から所定間隔離間されている。

【0047】マイクロブリッジ209は、図7に示すように、基板203に対向する下面側がSiNx等からなる可撓性梁209aで構成され、表面側がアルミニウム(又は、金、銀、銅等)の単層金属膜からなる反射電極膜209bで構成されている。なお、反射電極膜209bを金、銀、銅等により形成することで、使用する光の波長に応じて反射率をより向上させることができる。上記基板203、マイクロブリッジ209、及び図示しないコントローラは可動格子駆動手段に相当する。

【0048】このGLV素子201は、マイクロブリッジ209と基板203との間に印加される電圧のオン/オフで駆動制御される。マイクロブリッジ209と基板203との間に印加する電圧をオンにすると、静電誘導された電荷によってマイクロブリッジ209と基板203との間に静電吸引力が発生し、マイクロブリッジ209が基板203側に撓む。そして、印加電圧をオフにすると、撓みが解消し、マイクロブリッジ209は弾性復帰により基板203から離間する。通常、1画素は複数(例えば、6個)のマイクロブリッジ209で構成され、電圧を印加するマイクロブリッジ209を交互に配置することで、電圧の印加により回折格子を生成し、光の変調を行なうものである。

【0049】マイクロブリッジ209に電圧を印加しない場合には、マイクロブリッジ209の反射面の高さが総て揃い、反射光には光路差が生じず正反射される。一方、1つおきのマイクロブリッジ209に電圧を印加した場合には、前述した原理によりマイクロブリッジ209の中央部が撓み、交互に段差のある反射面となる。この反射面にレーザ光を入射すると、撓みのないマイクロブリッジ209で反射された光には光路差が生じ、光の回折現象が発生する。1次回折光の強度 $I_{1,1}$ は光路差に依存し、下記の式で表すことができる。この場合、光路差として $\lambda/2$ となる場合に最も回折光の強度が高くなる。

【0050】

【数1】

$$I_{1,1} = I_{n,n} \sin \left( \frac{2\pi d}{\lambda} \right)$$

【0051】本実施の形態におけるGLV素子201は、上述したコントローラ(図示せず)によって制御されるドライバ(図示せず)を介して、入力された画像データ38に対応してオン/オフ制御される。即ち、GLV素子201の非駆動時に入射した光は、入射角と同じ反射角で反射され0次反射光となる。この0次反射光

は、例えばスリット板を用いて、ズームレンズ48の入射光路から外される。一方、GLV素子201の駆動時に入射した光は所定の回折角で反射され、回折光の一次反射光がズームレンズ48に入射されることになる。即ち、上記一次反射光がズームレンズ48に入射されるように、GLV素子201は予めレンズ44の光軸に対し所定角度(例えば45°)傾斜して配置されている。

尚、GLV素子201はシリコン基板上に形成されているため、制御部等の回路を同一基板上に形成することも可能であり、同一基板上に形成することにより更なる小型軽量化を図ることができる。ここで、上記各電極及びコントローラ、ドライバが可動格子移動手段に相当する。

【0052】次に、本実施の形態の露光装置の動作を説明する。露光対象物10にレーザ光40を照射して露光するために、画像データ38が、光変調アレイ素子46のコントローラ(図示せず)に入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データ38は、画像を構成する各画素の濃度を2値(即ちドットの有無)で表したデータである。

【0053】露光ヘッド14のレーザ光源42から出射され光変調アレイ素子46の長さ方向に延びた線状ビームは、レンズ43、44を介して長尺状の光変調アレイ素子46にライン状に照射され、光変調アレイ素子46によって同時に変調される。モータコントローラ32が駆動モータ56を温度センサ34の出力に応じて一定速度で回転させると、リードスクリュー54も一定速度で回転し、リードスクリュー54の回転に伴い、ズームレンズ48が光軸に沿って移動される。これによりズームレンズ48のX軸方向の露光倍率が調整され、変調されたレーザ光がズームレンズ47、48により露光対象物10の表面にX軸方向にライン状に結像される。なお、Y軸方向の露光倍率の調整はリードスクリュー28の送り量によって制御される。温度センサ34の出力に基づいて、X軸方向及びY軸方向の露光倍率を調整することにより、温度が変化しても常に同じ大きさの画像を露光対象物10上に記録することができる。

【0054】露光開始時には、露光ヘッド14が露光開始位置(X軸方向及びY軸方向の原点)に移動される。モータコントローラ32が駆動モータ30を一定速度で回転させると、リードスクリュー28も一定速度で回転し、リードスクリュー28の回転に伴い、露光ヘッド14がY軸方向に一定速度で移動される。

【0055】露光ヘッド14のY軸方向への移動と共に、フレームメモリに記憶されている画像データ38が、1ライン分、光変調アレイ素子46のGLV素子201の数と略同数の画素単位で順に読み出され、読み出された画像データ38に応じて光変調アレイ素子46のGLV素子201の各々がオンオフ制御される。これにより露光ヘッド14から出射されるレーザ光40がオン

オフされて、露光対象物10が、X軸方向にGLV素子201の数と略同数の画素単位で露光されると共に、Y軸方向に1ライン分走査露光される(主走査)。

【0056】露光ヘッド14が露光対象物10の端部に達すると、露光ヘッド14はY軸方向の原点に復帰する。そして、モータコントローラ32が駆動モータ22を一定速度で回転させると、リードスクリュウ20も一定速度で回転し、リードスクリュウ20の回転に伴い、

フラットステージ12がX軸方向に1ステップ移動される(副走査)。以上の主走査及び副走査を繰り返し、露光対象物10が画像様に露光される。なお、上記では露光ヘッド14を原点に復帰させて往路でのみ露光する例について説明したが、復路においても露光するようにしてもよい。これにより更に露光時間を短縮できる。

【0057】以上の通り、本実施の形態の露光装置では、高出力のレーザ光源を用いているので、紫外を含む所定波長領域に感度を有する露光対象物を、デジタルデータに基づいて直接走査露光することができる。これにより、プロキシミティ方式の露光装置等のマスク露光による露光装置と比べると、(1)マスクが不要でコストが削減できると共に製造時間を短縮することができる。これにより生産性が向上する他、少量多品種の生産にも好適である、(2)デジタルデータに基づいて直接走査露光するので適宜データを補正することができ、高精度な保持機構、アライメント機構、及び温度安定化機構が不要になり、装置のコストダウンを図ることができると共に、高速化及び高精細化が図られる、(3)レーザ光源は超高压水銀ランプに比べ安価で耐久性に優れており、ランニングコストを低減することができる、(4)レーザ光源は駆動電圧が低く消費電力を低減できる、という利点がある。更に、(5)紫外領域に感度を有する材料だけでなくヒートモード材料への記録も可能となる、(6)特に、GaN系半導体レーザを用いた場合には、短パルス露光により材料が熱の影響を受ける前に所定の反応を終了させることができ、より高精細な描画(いわゆるキレのよい画像描画)が可能となる、という利点がある。

【0058】また、反射回折格子型の空間変調素子を用いているため、従来の透過光を変調する光学素子(PLZT素子)や液晶光シャッタ(FLC)を用いる構成に比べて、入射光の吸収性を格段に少なくすることができ、レーザ光に対する耐久性を高めることができる。特に、レーザ光源をパルス駆動した場合には、その効果は顕著である。この結果、高出力レーザを光源に用い露光を行う場合であっても、露光装置の信頼性を大幅に向上させることができる。また、PLZT等の偏光素子を利用する光シャッタでは、レーザ光の偏光度及び偏光素子の位置精度が重要であり、レーザ素子の選択及び光学設計に制限が課されるが、反射回折型では偏光性に基本的な制約がなく、設計自由度が向上する。また、GLV素

子は、回折格子光バルブとも呼ばれ、静電気力を利用した電気機械動作により駆動されるため、可撓薄膜の材質、形状を最適化することにより、低い駆動電圧(数V~数十V)で、動作速度が数十[nsec]程度まで得られ、上述の耐久性が向上するという効果に加え、高速露光も可能になる。

【0059】なお、本実施の形態において説明した反射回折型の光変調素子(GLV素子)の構造と原理は一例として挙げたものであり、回折効果を利用して所定方向への反射光をオンオフ制御するものであれば、いずれの構造でもよい。

【0060】(第2の実施の形態)本実施の形態に係る露光装置は、図8に示すように、複数のレーザ光源を備えた露光ヘッドを備えており、複数のレーザ光を照射して露光対象物を露光する以外は、第1の実施の形態に係る露光装置と同じ構成であるため、同一部分には同じ符号を付して説明を省略する。

【0061】この露光装置では、露光ヘッド14には、レーザ光源42A、レンズ43A、44A、光変調アレ

イ素子46A、ズームレンズ47A、48A、及びレーザ部49Aで構成された露光ユニットAと、レーザ光源42B、レンズ43B、44B、光変調アレ

イ素子46B、ズームレンズ47B、48B、及びレーザ部49Bで構成された露光ユニットBと、レーザ光源42C、レンズ43C、44C、光変調アレ

イ素子46C、ズームレンズ47C、48C、及びレーザ部49Cで構成された露光ユニットCと、が搭載されている。

【0062】3つの露光ユニットは1つのケーシング58内に収納されており、露光ユニットAは露光ユニットBの上方に配置されると共に、3つの露光ユニットが千鳥配置となるように、露光ユニットCが露光ユニットA及びBの後方であって露光ユニットA及びBの中間の高さに配置されている。このように各露光ユニットを千鳥状に配置することで、光学系のワーク・ディスタンスを確保することができる。

【0063】ズームレンズ48Aから出射されたレーザ光40A、ズームレンズ48Bから出射されたレーザ光40B、及びズームレンズ48Cから出射されたレーザ光40Cは、ケーシング58に各々に対応して設けられた図示しない開口を通過して露光対象物10の表面に照射される。

【0064】露光ユニットAにおいては、ズームレンズ48Aの外周縁部にはナット50Aが固定されており、ナット50Aの雌ねじ部52Aにはリードスクリュウ54Aが螺合されている。リードスクリュウ54Aの一方の端部にはリードスクリュウ54Aを回転させる駆動モータ56Aが取り付けられており、駆動モータ56Aはモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ56Aによるリードスクリュウ54Aの回転に伴い、ズームレンズ48Aが光軸に沿って移動され

露光倍率の調整が行われる。

【0065】なお、露光ユニットB及び露光ユニットCは露光ユニットAと同様の構成であり、ズームレンズ48B及びズームレンズ48Cは、露光ユニットAのズームレンズ48Aと同様に動作する。

【0066】3つの露光ユニットを構成する各部材は、図示しない固定部材によってケーシング58に固定されており、ズームレンズ48A、48B、48Cは、図示しないガイドによって各々光軸方向に移動可能に支持されている。また、レーザ光源42A、42B、42C及び光変調アレイ素子46A、46B、46Cは、各々図示しないドライバを介してこれらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0067】次に、本実施の形態の露光装置の動作を説明する。露光対象物10にレーザ光40A、40B、40Cを照射して露光するために、画像データ（図示せず）が、光変調アレイ素子46A、46B、46Cのコントローラ（図示せず）に各々入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。

【0068】露光ヘッド14のレーザ光源42Aから出射され光変調アレイ素子46Aの長さ方向に延びた線状ビームは、レンズ43A、44Aを介して長尺状の光変調アレイ素子46Aにライン状に照射され、光変調アレイ素子46Aによって同時に変調される。モータコントローラ32が駆動モータ56Aを温度センサ34の出力に応じて一定速度で回転させると、リードスクリュー54Aも一定速度で回転し、リードスクリュー54Aの回転に伴い、ズームレンズ48Aが光軸に沿って移動される。これによりズームレンズ48AのX軸方向の露光倍率が調整され、変調されたレーザ光がズームレンズ47A、48Aにより露光対象物10の表面にX軸方向にライン状に結像される。なお、Y軸方向の露光倍率の調整は、リードスクリュー28の送り量によって制御される。

【0069】同様にして、露光ヘッド14のレーザ光源42Bから出射されたレーザ光は、光変調アレイ素子46Bによって変調され、ズームレンズ48BのX軸方向及びY軸方向の露光倍率が調整され、変調されたレーザ光がズームレンズ47B、48Bにより露光対象物10の表面に結像される。また、同様にして、レーザ光源42Cから出射されたレーザ光は、光変調アレイ素子46Cによって変調され、ズームレンズ48CのX軸方向及びY軸方向の露光倍率が調整され、変調されたレーザ光がズームレンズ47C、48Cにより露光対象物10の表面に結像される。

【0070】露光開始時には、露光ヘッド14が露光開始位置（X軸方向及びY軸方向の原点）に移動される。モータコントローラ32が駆動モータ30を一定速度で回転させると、リードスクリュー28も一定速度で回転し、リードスクリュー28の回転に伴い、露光ヘッド1

4がY軸方向に一定速度で移動される。

【0071】露光ヘッド14のY軸方向への移動と共に、フレームメモリに記憶されている画像データが、各露光ユニット毎に1ライン分、光変調アレイ素子46A、46B、46C各々のGLV素子201の数と略同数の画素単位で順に読み出され、読み出された画像データに応じて光変調アレイ素子46A、46B、46CのGLV素子201がオンオフ制御される。これにより露光ヘッド14から出射されるレーザ光40A、40B、40Cが各々オンオフされて、レーザ光40A、40B、40Cの各々により、露光対象物10が、X軸方向にGLV素子201の数と略同数の画素単位で露光されると共にY軸方向に1ライン分走査露光される。即ち、露光対象物10が、Y軸方向に3ライン分同時に走査露光される（主走査）。

【0072】露光ヘッド14が露光対象物10の端部に達すると、露光ヘッド14はY軸方向の原点に復帰する。そして、モータコントローラ32が駆動モータ22を一定速度で回転させると、リードスクリュー20も一定速度で回転し、リードスクリュー20の回転に伴い、フラットステージ12がX軸方向に2ステップ移動される（副走査）。以上の主走査及び副走査を繰り返し、露光対象物10が画像様に露光される。なお、露光時間短縮のため、往路だけでなく復路においても露光するようにしてもよい。

【0073】以上の通り、本実施の形態に係る露光装置では、第1の実施の形態と同様に、高出力のレーザ光源を用いているので、紫外を含む所定波長領域に感度を有する露光対象物を、デジタルデータに基づいて直接走査露光することができ、プロキシミティ方式の露光装置等のマスク露光を行う露光装置と比べて上記（1）～（6）の利点がある。

【0074】また、複数のレーザ光源を備えた露光ヘッドで、複数のレーザ光を同時に照射して露光対象物を露光することができるので、第1の実施の形態と比べ更に高速での露光が可能となる。例えば、本実施の形態のように3つの露光ユニットが露光ヘッドに搭載されている場合には、1つの露光ユニットを使用する場合の約3倍の速度で露光を行うことができる。また、1部の露光ユニットが故障しても他の露光ユニットを使用して露光を続行することができ、使用安定性に優れている。

【0075】なお、上記の第2の実施の形態では、露光ユニットを3つ設ける例について説明したが、露光ユニットの数は、露光対象物のサイズ、要求される露光速度、露光精度等に応じて適宜決定される。また、上記では、複数の露光ユニットを一体に移動させる例について説明したが、露光ユニット毎に露光ヘッドを設けて、複数の露光ユニットを独立に移動させることもできる。

【0076】（第3の実施の形態）上記の実施の形態では、本発明の露光装置を液晶カラーフィルタ製造工程に

おけるフォトリソの露光に適用し、縦型のフラットステージの側面に保持された露光対象物を露光する例について説明したが、本実施の形態に係る露光装置では、図9に示すように、露光対象物10を回転ドラムに保持して露光する。従って、露光対象物10としては、可とう性を備えたものが使用される。なお、第1の実施の形態に係る露光装置と同じ構成部分には、同じ符号を付して説明を省略する。

【0077】この露光装置は、図9に示すように、矢印X方向に回転可能に軸支されると共に露光対象物10を外周面に吸着して保持する回転ドラム75と、画像データ38に応じて変調されたレーザ光40で露光対象物10を走査露光する露光ヘッド14と、を備えている。露光ヘッド14は、図示しないガイドによって、矢印Y方向に移動可能に支持されている。

【0078】回転ドラム75の支持軸の一方の端部には、回転ドラム75を回転させる駆動モータ76がベルトを介して連結されており、駆動モータ76はモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ76による支持軸の回転に伴い、回転ドラム75が矢印X方向に回転される。

【0079】露光ヘッド14の下部には1対のナット24が固定されており、ナット24の雌ねじ部26にはリードスクリュウ28が螺合されている。リードスクリュウ28の一方の端部にはリードスクリュウ28を回転させる駆動モータ30がベルトを介して連結されており、駆動モータ30はモータコントローラ32に接続されている。そして、この駆動モータ30によるリードスクリュウ28の回転に伴い、露光ヘッド14が矢印Y方向に往復移動される。

【0080】露光ヘッド14は、図9に示すように、高出力なレーザ光源42、レーザ光源42の上方に配置され、レーザ光源42から入射されたレーザ光を矢印Y方向に沿った細いライン状の光線束に収束させるレンズ43、44、入射されたレーザ光を画像データ38に応じて各画素毎に変調する光変調アレイ素子46、及び光変調アレイ素子46で変調されたレーザ光を露光対象物10の表面に結像させるズームレンズ47、48で構成された露光ユニットを備えている。この露光ユニットを構成する各部材はケーシング58内に収納されており、ズームレンズ48から出射されたレーザ光40は、ケーシング58に設けられた図示しない開口を通過して露光対象物10の表面に照射される。

【0081】レーザ光源42、レンズ43、44、光変調アレイ素子46、及びズームレンズ47、48は、図示しない固定部材によってケーシング58に固定されており、ズームレンズ48は、図示しないガイドによって光軸方向に移動可能に支持されている。なお、光変調アレイ素子46は、GLV素子の配列方向が、図9において、矢印Y方向と平行になるように配設されている。即

ち、光変調アレイ素子46はその長手方向が矢印Y方向と平行になるように配設されている。また、レーザ光源42及び光変調アレイ素子46は、各々図示しないドライバを介してこれらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0082】レーザ光源42としては、例えば、特願2001-273870号及び特願2001-273871号に記載されているレーザ光源を用いることができる。

このレーザ光源42は、図12に示すように、多数の半導体レーザチップから出射されるビームを1本のファイバに合波する合波モジュール520と、その合波モジュール520の各々に光結合され且つ線状のレーザ光束が出射されるようにアレイ状に配列した光ファイバ41と、により構成されている。即ち、多数本の光ファイバ41の出力端部はアレイ状に束ねられている。

【0083】各々の合波モジュール520は、図10、図11に示されるように、(例えば、銅からなる)ヒートシンクブロック510上に配列固定された複数個(例えば、7個)の横マルチモード窒化ガリウム系半導体レーザ530と、半導体レーザ各々に対向して設けられたコリメータレンズ540と、集光レンズ550とから構成され、一本のマルチモード光ファイバ41に光結合されている。

【0084】ヒートシンクブロック510、半導体レーザ530、コリメータレンズ540、および集光レンズ550は、上方が開口した箱上のパッケージ580内に収容され、パッケージ580の開口がパッケージ蓋581によって閉じられることにより、パッケージ580およびパッケージ蓋581が構成する閉空間内に密閉保持される。

【0085】パッケージ580の底面にはベース板590が固定され、このベース板590の上面に前記ヒートシンクブロック510が取り付けられ、そしてこのヒートシンクブロック510にコリメータレンズ540を保持するコリメータレンズホルダ541が固定されている。さらに、ベース板590の上面には、集光レンズ550を保持する集光レンズホルダ551と、マルチモード光ファイバ41の入射端部を保持するファイバホルダ552が固定されている。また窒化ガリウム系半導体レーザ530に駆動電流を供給する配線類555は、パッケージ580の横壁面に形成された図示しない気密封止材料で封止される配線類555を通してパッケージ外に引き出されている。

【0086】コリメータレンズ540は、窒化ガリウム系半導体レーザ530の発光点の並び方向の開口径が該方向に直角な方向(図11(C)の上下方向)の開口径よりも小さく(すなわち、細長い形状で)形成されて、上記発光点の並び方向に密接配置されている。窒化ガリウム系半導体レーザ530としては、例えば、発光幅が2μmで、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角

がそれぞれ10°、30°の状態で各々レーザービームを発するものが用いられる。これらの窒化ガリウム系半導体レーザー530は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

【0087】したがって、各発光点から発せられたレーザービームは、上述のように細長い形状とされた各コリメータレンズ540に対して、拡がり角最大の方向が開口径大の方向と一致し、拡がり角最小の方向が開口径小の方向と一致する状態で入射することになる。つまり、細長い形状とされた各コリメータレンズ540は、入射するレーザービームの楕円径の断面形状に対応して、非有効部分を極力少なくして使用されることになる。

【0088】例えば、本実施の形態では、コリメータレンズ540の水平方向および垂直方向の開口径1.1mm、4.6mm、焦点距離3mm、NA0.6、コリメータレンズ540に入射するレーザービームの水平方向および垂直方向のビーム径0.9mm、2.6mmが使用できる。また、コリメータレンズ540はピッチ1.25mmで配置される。

【0089】集光レンズ550は、非球面円形レンズの光軸を含む領域を細長く切り取って、コリメータレンズ540の並び方向すなわち水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状とされている。集光レンズ550は、例えば、焦点距離12.5mm、NA0.3であるものが使用できる。この集光レンズ550も、例えば、樹脂あるいは光学ガラスをモールド成形することによって形成される。

【0090】他方、マルチモード光ファイバ41は、例えば、三菱電線製のグレーデッドインデックス型を基本としたコア中心部がグレーデッドインデックス型で外周部がステップインデックス型であるコア径25μm、NA0.3、端面コートの透過率99.5%以上のファイバが使用できる。すなわちコア径×NAの値は7.5μmとなる。

【0091】レーザービームのマルチモード光ファイバ41への結合効率が0.9、窒化ガリウム系半導体レーザー530の出力100mW、半導体レーザー530の個数7の場合、出力630mW(=100mW×0.9×7)の合波レーザービームが得られることになる。

【0092】窒化ガリウム系半導体レーザー530は、発振波長は405±10nmであり、最大出力は100mWである。これらの窒化ガリウム系半導体レーザー530から発散光状態で出射したレーザービームは、各々対向するコリメータレンズ540によって平行光化される。平

$$a = \frac{f_2}{f_1} = \frac{NA_1}{\left(\frac{NA_2}{N} \times \eta\right)} = \frac{NA_1}{NA_2} \times \frac{N}{\eta}$$

【0098】式(1)から明らかな通り、空間利用効率ηがより大きいほど倍率aは低下する。そして倍率aが

行光とされたレーザービームは、集光レンズ550によって集光され、マルチモード光ファイバ41のコアの入射端面上で収束する。

【0093】コリメータレンズ540および集光レンズ550によって集光光学系が構成され、それとマルチモード光ファイバ41とによって合波光学系が構成されている。すなわち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザービームがこのマルチモード光ファイバ

41のコアに入射してそこを伝搬し、1本のレーザービームに合波されてマルチモード光ファイバ41から出射する。なおマルチモード光ファイバ41としては、例えば、ステップインデックス型のものや微小コアで高いNAのものを使用する場合は、グレーデッドインデックス型のもの及びその複合型のファイバが適用可能である。

【0094】なお、各々の半導体レーザー530に対応する個別のコリメータレンズ540の代替として、半導体レーザー530の個数に対応する個数のレンズ要素を有するコリメータレンズアレイが使用されてもよい。個別のコリメータレンズを使用する場合もそれらを互いに密接

配置して、窒化ガリウム系半導体レーザー530の配置ピッチを小さくし、空間利用効率を高めることができるが、コリメータレンズアレイを用いることにより、その効果をより一層高めることが可能である。また、そのようにして空間利用効率が高められると、合波本数を増やすことができ、更に窒化ガリウム系半導体レーザー530、集光光学系およびマルチモード光ファイバ41の組立位置精度に比較的余裕を持たせることができるという効果も得られる。

【0095】コリメータレンズアレイの各レンズ要素、もしくは個別のコリメータレンズ540の焦点距離および開口数をf<sub>1</sub>、NA<sub>1</sub>、集光レンズ550の焦点距離をf<sub>2</sub>、マルチモード光ファイバ41の開口数をNA<sub>2</sub>、空間利用効率をηとする。なお、この空間利用効率ηは、レーザービームが使用する空間中でレーザービームの光路が占める空間の割合で規定されるものであり、レーザービームの光路が互いに密接する状態がη=1である。

【0096】上記の条件下では、レンズ径の倍率a、すなわち、窒化ガリウム系半導体レーザーの各発光点におけるビームスポット径に対するマルチモードファイバ41のコア端面上におけるビームスポット径の比は式(1)で与えられる。なおNは合波本数である。

【0097】

【数2】

(1)

小さいほど、窒化ガリウム系半導体レーザー、集光光学系およびマルチモード光ファイバ41の相対位置関係がず

れた際に、レーザビームがマルチモード光ファイバ41のコア端面上で動く距離が小さくなる。そこで、窒化ガリウム系半導体レーザ、集光光学系およびマルチモード光ファイバ41の組立位置精度を比較的緩くしておいても、レーザビームをマルチモード光ファイバ41のコアに正常に入射させることが可能になる。また、 $n$ を1に近づけると $a$ を低下することができ、合波本数 $N$ をその分増加させることができるので、合波本数 $N$ を増加させても位置ずれ許容度が大きいまま高出力化できる。

【0099】長尺状に構成されている光変調アレイ素子46に光変調アレイ素子46の長さ方向に延びた線状のレーザ光を出射するように、多数の半導体レーザチップ520各々に対して1本ずつ設けられたファイバ41は光変調アレイ素子46の長さ方向に沿って配列されてアレイ状に構成されている。

【0100】上述の通り、窒化ガリウム系半導体レーザ530から出射されたレーザ光は、各々対応するコリメータレンズ540でコリメートされた後、光ファイバ41に入射される。各半導体レーザチップ520に7個の半導体レーザ530が備えられている場合、7本のコリメートされたレーザ光が、非球面ガラスモールドレンズ550により、ファイバ41へ光結合される。このコア径 $25\mu\text{m}$ 、 $\text{NA}=0.3$ 、出力 $0.5\text{W}$ のファイバを100本設ければ、線状に配置されたファイバからは、 $50\text{W}$  ( $=0.5\text{W}\times 100\text{本}$ )の線状の超高出力ビームが出射される。線状ビームはレンズ43、44により矢印Y方向に平行光化されると共にY方向と直交する方向に収束され、長尺状の光変調アレイ素子46に入射する。

【0101】上記記載されたファイバを並べた $50\text{W}$  ( $=0.5\text{W}\times 100\text{本}$ )の線状の高出力ビームの代替として、図13(A)に示す半導体レーザチップ560を図13(B)に示すように所定方向に沿って配列した、特願2001-273849号で開示されているアレイ型半導体レーザが使用されてもよい。光源42は、複数の半導体レーザチップにより構成される。各々の半導体レーザチップ560は、発光点570を複数個有する。発光点570の出力が $0.1\text{W}$ 、発光点数が5であれば、半導体レーザチップ560各々の出力は $0.5\text{W}$  ( $=0.1\text{W}\times 5\text{個}$ )であり、光源42が34個の半導体レーザチップ560により構成されていれば、 $17\text{W}$  ( $=0.5\text{W}\times 34\text{個}$ )の高出力アレイビームを出射することができる。この $17\text{W}$ のアレイビームを3素子並べること、ファイバを並べたビームと同様の $50\text{W}$  ( $17\text{W}\times 3\text{素子}$ )級の線状の高出力ビームが得られる。

【0102】次に、本実施の形態の露光装置の動作を説明する。露光対象物10にレーザ光40を照射して露光するために、画像データ38が、光変調アレイ素子46のコントローラ(図示せず)に入力され、コントローラ

内のフレームメモリに一旦記憶される。

【0103】露光ヘッド14のレーザ光源42から出射され光変調アレイ素子46の長さ方向に延びた線状ビームは、レンズ43、44を介して長尺状の光変調アレイ素子46にライン状に照射され、光変調アレイ素子46によって同時に変調され、レンズ47、48を介してY軸方向にライン状に結像される。

【0104】露光開始時には、露光ヘッド14が露光開始位置(X軸方向及びY軸方向の原点)に移動される。

10 モータコントローラ32が駆動モータ76を一定速度で回転させると、駆動モータ76による支持棒の回転に伴い、回転ドラム75が矢印X方向に回転される。

【0105】回転ドラム75の矢印X方向への回転と共に、フレームメモリに記憶されている画像データ38が、光変調アレイ素子46のGLV素子201の数と略同数の画素単位で順に読み出され、読み出された画像データ38に応じて光変調アレイ素子46のGLV素子201の各々がオンオフ制御される。これにより露光ヘッド14から出射されるレーザ光40がオンオフされる。

20 そして、露光対象物10が、矢印Y方向にGLV素子201の数と略同数の画素単位で走査露光されると共に、回転ドラム75の周方向に走査露光される(主走査)。

【0106】回転ドラム75が1回転すると、モータコントローラ32が駆動モータ30を一定速度で回転させる。リードスクリュー28も一定速度で回転し、リードスクリュー28の回転に伴い、露光ヘッド14が矢印Y方向に1ステップ移動される(副走査)。以上の主走査及び副走査を繰り返して、露光対象物10が画像様に露光される。また、ドラム1回転の時間でY方向に1ステップ分移動するように、駆動モータ30を一定速度で定常的に回転させることで、スパイラル状に露光することができる。

【0107】以上の通り、本実施の形態に係る露光装置では、第1の実施の形態と同様に、高出力のレーザ光源を用いているので、紫外を含む所定波長領域に感度を有する露光対象物を、デジタルデータに基づいて直接走査露光することができ、プロキシミティ方式の露光装置等のマスク露光による露光装置と比べて上記(1)～

(6)の利点がある。

40 【0108】上記第1～第3の実施の形態では、窒化ガリウム系半導体レーザをファイバに合波結合して構成される高出力レーザ光源を使用する例について説明したが、高出力レーザ光源を、以下の(1)～(6)のいずれかで構成してもよい。

(1) 窒化ガリウム系半導体レーザ。好ましくは、図10及び図11に示される複数の窒化ガリウム系半導体レーザより構成されるアレイ型半導体レーザ。

(2) 図15に示される、窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起

固体レーザ。

(3) 図16に示される、窒化ガリウム系半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザ。

(4) 図17に示される、赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザまたはファイバアンプ。

(5) 窒化ガリウム系半導体レーザをファイバに結合したレーザ光源、複数の窒化ガリウム系半導体レーザを合波光学系によりファイバに結合したレーザ光源、図12に示される当該ファイバをアレイ状に配列した線状レーザ光源、およびバンドル状に配列した面状レーザ光源。

(6) 上記(1)～(5)のいずれかのレーザ光源と合波光学系とで構成されたレーザ光源。

【0109】図14に、上記(1)のブロードエリアの発光領域を有するGaN系半導体レーザの積層構造の一例を示す。この積層構造のGaN系半導体レーザでは、n型GaN(0001)基板100上には、n型GaN超格子クラッド層102(0.05<z1<1)、n型またはi型GaN光導波層104、In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N(Siドープ)/In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N多重量子井戸活性層106(0.01<z2<0.05、0.1<z3<0.3)、p型Ga<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Nキャリアブロック層108、n型またはi型GaN光導波層110、p型Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>N/GaN超格子クラッド層112、及びp型GaNコンタクト層114が順次積層されている。p型GaNコンタクト層114上には、幅50μm程度のストライプ領域を除いて絶縁膜116が形成され、ストライプ領域にはp側電極118が形成されている。また、n型GaN(0001)基板100の裏面には、n側電極120が形成されている。なお、この半導体レーザの発振波長帯は440nmであり、発光領域幅が50μmであるので、得られる出力は1W程度であり、電気-光変換率は1.5%である。この半導体レーザをコア径500μmのファイバに10素子からのレーザ光を入力し、10W出力のファイバ励起モジュール122を得る。

【0110】図15に、上記(2)の窒化ガリウム系半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ励起固体レーザの一例を示す。この半導体レーザ励起固体レーザは、励起光としてのレーザビーム121を発する励起モジュール122、入射端が励起モジュール122に光結合されたファイバF、ファイバFから出射された発散光である上記レーザビーム121を集光する集光レンズ124、Pr<sup>3+</sup>がドープされた固体レーザ媒質であるLiYF<sub>4</sub>結晶(以下、Pr:YLF結晶と称する)126、このPr:YLF結晶126の光出射側に配置された共振器ミラー128、Pr:YLF結晶

126と共振器ミラー128との間に配置された光波長変換素子130、及びエタロン132を備えている。

【0111】光波長変換素子130は、非線形光学材料である、MgOがドープされたLiNbO<sub>3</sub>結晶に周期ドメイン反転構造が設けられて構成されている。周期ドメイン反転構造の周期は、例えば、基本波波長を720nm、第2高調波の波長を360nmとした場合、これらの波長に対して1次の周期となるように1.65μm

とされている。また、波長選択素子としてのエタロン132は、固体レーザを単一縦モード発振させて低ノイズ化を実現する。

【0112】半導体レーザ122としては、例えば、InGaN活性層を有し、波長450nmで発振するブロードエリア型のものを用いることができる。また、Pr:YLF結晶126の光入射側の端面126aには、波長450nmの光は80%以上の透過率で良好に透過させる一方、Pr<sup>3+</sup>の1つの発振線である波長720nmに対して高反射率で、720nm以外のPr<sup>3+</sup>の発振線400～650nmおよび800nm以上に対しては

低反射率のコーティングが施されている。また、Pr:YLF結晶126の光出射側の端面126bには、波長720nmに対して低反射率で、その第2高調波波長360nmに対しては高反射率のコーティングが施されている。一方、共振器ミラー128のミラー面128aには、波長720nmの光に対して高反射率で、波長360nmの光を95%以上透過させ、上記490～650nmおよび800nm以上の光に対しては低反射率のコーティングが施されている。

【0113】この半導体レーザ励起固体レーザでは、半導体レーザ122から出射された波長450nmのレーザビーム121は、上記端面126aを透過してPr:YLF結晶126に入射する。Pr:YLF結晶126はこのレーザビーム121によってPr<sup>3+</sup>が励起されることにより、波長720nmの光を発する。このときの単位はP<sub>0</sub>→<sup>3</sup>F<sub>4</sub>と考えられる。そして、Pr:YLF結晶126の端面126aと共振器ミラー128のミラー面128aとで構成される共振器によりレーザ発振が引き起こされて、波長720nmの固体レーザビーム123が得られる。このレーザビーム123は光波長変換素子130に入射して、波長が1/2すなわち360nmの第2高調波125に変換される。共振器ミラー128のミラー面128aには、前述の通りのコーティングが施されているので、共振器ミラー128からは、略、波長360nmの第2高調波125のみが出射する。

【0114】図16に、上記(4)の赤外領域の光を出射する半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザの一例を示す。このファイバレーザは、THG(第3高調波発生)ファイバレーザであり、波長1560nmのレーザビーム133を出射するパルス分布帰

還形半導体レーザ（パルスDFBレーザ）134、発散光である上記レーザビーム133を平行光化するコリメートレンズ136、平行光となったレーザビーム133を集光する集光レンズ138、コリメートレンズ136と集光レンズ138との間に配置されたハーフミラー142、Er<sup>3+</sup>及びYb<sup>3+</sup>が共ドーピングされたコアを持つファイバ140、ファイバ140から出射されたレーザビーム133を集光する集光レンズ154、及び集光されたレーザビーム133を入射させて波長変換波を得る波長変換部156を備えている。

【0115】波長変換部156は、入射されたレーザビーム133を1/2の波長（780nm）のレーザビームに変換するSHG（第2高調波発生）素子158、及び入射されたレーザビーム133を1/4の波長（390nm）のレーザビームに変換するFHG（第4高調波発生）素子160から構成されている。SHG素子156及びTHG素子158は、非線形光学材料である、MgOがドーピングされたLiNbO<sub>3</sub>に周期ドメイン反転構造が設けられて構成されたバルク型波長変換結晶である。

【0116】ハーフミラー142の反射光入射側には（図中、ハーフミラー142の下方）には、波長940nmのレーザビーム135を出射する半導体レーザ144が配置されている。ハーフミラー142と半導体レーザ144との間にはコリメートレンズ146が配置されている。

【0117】図16に示すように、ファイバ140において、レーザビーム133は、同じ波長1560nmの蛍光からエネルギーを受けて増幅され、ファイバ140の出射端面140bから出射される。出射された波長1560nmのレーザビーム133は、集光レンズ154で集光され、波長変換部156に入射され、入射されたレーザビーム133は、波長変換部156において、第4高調波である波長390nmのレーザビーム137に変換されて出射される。なお、このFHGファイバレーザでは、5Wの出力を得ることができる。

【0118】なお、波長変換部を、入射されたレーザビームを1/2の波長のレーザビームに変換するSHG（第2高調波発生）素子、及び入射されたレーザビームを1/3の波長のレーザビームに変換するTHG（第3高調波発生）素子から構成することにより、THG（第3高調波発生）ファイバレーザとすることができる。

【0119】また、図17に、上記（3）の窒化ガリウム系半導体レーザを用いたファイバ入力励起モジュールでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザの一例を示す。このファイバレーザは、SHG（第2高調波発生）ファイバレーザであり、波長450nmのレーザビーム173を出射するGaN系半導体レーザを用いたファイバ入力励起モジュール174、発散光である上記

レーザビーム173を平行光化するコリメートレンズ176、平行光となったレーザビーム173を集光する集光レンズ178、Pr<sup>3+</sup>がドーピングされたコアを持つファイバ180、ファイバ180から出射された波長720nmのレーザビーム182を集光する集光レンズ194、及び集光されたレーザビーム182を入射させて1/2の波長（360nm）のレーザビーム177に変換するSHG（第2高調波発生）素子196を備えている。SHG素子196は、MgOがドーピングされたLiNbO<sub>3</sub>に周期ドメイン反転構造が設けられて構成されたバルク型波長変換結晶である。ファイバ180の端面180aおよび180bには、以上述べた各波長の光に対してAR（無反射）となる特性のコートが施されている。

【0120】このファイバレーザでは、GaN系半導体レーザを用いたファイバ入力励起モジュール174から出射された波長450nmのレーザビーム173は、集光レンズ178により集光されて、ファイバ180に入射する。入射したレーザビーム173により波長720nmの蛍光が発生し、ファイバ180の両端面180a、180b間で共振されて、波長720nmのレーザビーム182が出射端面180bから出射される。出射された波長720nmのレーザビーム182は、集光レンズ194で集光され、SHG素子196に入射される。入射されたレーザビーム182は、SHG素子196において、第2高調波である360nmのレーザビーム177に変換されて出射される。

【0121】上記第1～第3の実施の形態では、露光ヘッド内に高出力レーザ光源を備える例について説明したが、高出力レーザ光源は露光ヘッドの外部に配置することもできる。図18に、高出力レーザ光源を外部に配置した露光ヘッドの例を示す。この露光ヘッド14では、レーザ光源42Eはケーシング58の外部に配置され、光ファイバ41は、ケーシング58の側壁に設けられた孔（図示せず）を通してケーシング58内に導入されている。この点以外は、第1の実施の形態の露光ヘッド14と同じ構成であるため、同一部分には同じ符号を付して説明を省略する。

【0122】上記第1、第2、及び第3の実施の形態では、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）タイプの空間変調素子（SLM；Spatial Light Modulator）の1種である反射回折格子型のGLV（Grating Light Valve）素子をアレイ化した光変調アレイ素子を用いて光ビームを変調する例について説明したが、他の変調手段により光ビームを変調することもできる。なお、MEMSとは、IC製造プロセスを基盤としたマイクロマシニング技術によるマイクロサイズのセンサ、アクチュエータ、そして制御回路を集積化した微細システムの総称であり、MEMSタイプの空間変調素子とは、静電気力を利用した電気機械動作により駆動される空間

【0121】上記第1～第3の実施の形態では、露光ヘッド内に高出力レーザ光源を備える例について説明したが、高出力レーザ光源は露光ヘッドの外部に配置することもできる。図18に、高出力レーザ光源を外部に配置した露光ヘッドの例を示す。この露光ヘッド14では、レーザ光源42Eはケーシング58の外部に配置され、光ファイバ41は、ケーシング58の側壁に設けられた孔（図示せず）を通してケーシング58内に導入されている。この点以外は、第1の実施の形態の露光ヘッド14と同じ構成であるため、同一部分には同じ符号を付して説明を省略する。

【0122】上記第1、第2、及び第3の実施の形態では、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）タイプの空間変調素子（SLM；Spatial Light Modulator）の1種である反射回折格子型のGLV（Grating Light Valve）素子をアレイ化した光変調アレイ素子を用いて光ビームを変調する例について説明したが、他の変調手段により光ビームを変調することもできる。なお、MEMSとは、IC製造プロセスを基盤としたマイクロマシニング技術によるマイクロサイズのセンサ、アクチュエータ、そして制御回路を集積化した微細システムの総称であり、MEMSタイプの空間変調素子とは、静電気力を利用した電気機械動作により駆動される空間

変調素子を意味している。

【0123】例えば、レーザ光源が連続駆動され且つ光出力が小さい用途の場合には、電気光学効果により透過光を変調する光学素子（PLZT素子）や液晶光シャッタ（FLC）等、MEMSタイプ以外の空間変調素子を用いてもよい。また、レーザ光源が高出力である場合またはパルス駆動される場合には、デジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）、全反射型の空間変調素子、及び干渉型の空間変調素子等、他のMEMSタイプの空間変調素子を用いてもよい。

【0124】なお、空間変調素子（光変調アレイ素子）の構成は厳密な一次元（すなわち、一方の次元の素子の数が1個）の線状に限定されず、一方の次元の素子の数が他方の次元の素子の数より十分に小さい線状の構成であればよい。光変調アレイ素子を面状あるいは線状に構成することにより、記録材料の複数画素に対応する領域を一度に露光することができるようになり、処理を高速化することができる。しかしながら、光変調アレイ素子が面状（二次元）の場合には、それぞれの光変調素子アレイで露光された画像が連続するように二次元の精密なアラインメント調整、結像画像が鼓状に歪まない光学系等が必要となり、装置の構成が複雑、高価になるという問題がある。また、光変調素子アレイを複数個用いて高速化する場合にも同様な問題が生じる。一方、光変調素子アレイが線状の場合には、アレイの並び方向にのみ画像が連続するような調整だけで済み、また、線状の場合には光学系の中心を通る一断面を使用することで、鼓状歪みの問題から回避できるという利点がある。従って、上記第1～第3の実施の形態では、光変調素子アレイを線状にすることがより好ましい。また、このような線状の光変調アレイ素子に照明する光源としては、照明効率の点から線状の照明光源となるファイバ光源を多数本並べたアレイ状の光源を用いることが好ましい。

【0125】また、第1～第3の実施の形態では、ファイバをアレイ状に配設しているが、本発明はこれに限定されず、ファイバをバンドル状に配設して面状のレーザ光を発生するようにしてもよい。この場合、光変調アレイ素子は、照明効率の点から面状に構成されているものが使用されることが好ましい。

【0126】DMDは、図19（A）～（C）に示すように、SRAMセル（メモリセル）238上に、微小ミラー（マイクロミラー）240が支柱により支持されて配置されたものであり、多数の（数10万個から数100万個）の微小ミラーであるピクセルをアレイ状に配列して構成されたミラーデバイスである。図19（A）はピクセルを1列に配列したDMDであり、図19（B）はピクセルを複数列にわたり配列したDMDであり、図19（C）はピクセルを2次元に配列したDMDである。本実施の形態においては、図19（A）及び（B）に示すようにピクセルをライン状に配列したDMDを用

いるのが好ましい。各ピクセルには、最上部に支柱に支えられたマイクロミラー240が設けられており、マイクロミラー240の表面にはアルミニウムが蒸着されている。また、マイクロミラー240の直下には、ヒンジ及びヨークを含む支柱を介して通常の半導体メモリの製造ラインで製造されるシリコンゲートのCMOSのSRAMセル238が配置されており、全体はモノリシック（一体型）に構成されている。

【0127】DMDのSRAMセル238にデジタル信

10 号が書き込まれると、支柱に支えられたマイクロミラー240が、対角線を中心としてDMDが配置された基板側に対して $\pm\alpha$ 度（例えば $\pm 10$ 度）の範囲で傾けられる。図20（A）は、マイクロミラー240がオン状態である $+\alpha$ 度に傾いた状態を示し、図20（B）は、マイクロミラー240がオフ状態である $-\alpha$ 度に傾いた状態を示す。従って、画像信号に応じて、DMDの各ピクセルにおけるマイクロミラー240の傾きを、図19に示すように制御することによって、DMDに入射された光はそれぞれのマイクロミラー240の傾き方向へ反射される。なお、図19（A）～（C）には、DMDの

20 一部を拡大し、マイクロミラー240が $+\alpha$ 度又は $-\alpha$ 度に制御されている状態の一例を示す。それぞれのマイクロミラー240のオンオフ制御は、DMDに接続されたコントローラ（図示せず）によって行われる。なお、オフ状態のマイクロミラー240により光ビームが反射される方向には、光吸収体（図示せず）が配置されている。

【0128】干渉型の空間変調素子としては、ファブリペロー干渉を利用した光変調素子（干渉型光シャッタ）が挙げられる。図21及び図22において、干渉型光シャッタは、入射光に対し所定角度を持って配置される一方の電極303と、一方の電極303に少なくとも空隙を挟んで対向する他方の電極304と、一方の電極303及び他方の電極間304に介装されて透明な可撓薄膜307とを具備し、一方の電極303及び他方の電極304間に電圧を印加することで発生したクーロン力によって可撓薄膜307を撓ませ該可撓薄膜307を透過する光を変調して出射するものである。

【0129】即ち、一方の電極303は透明基板301

40 に組み込まれて構成され、該一方の電極303の上側には誘電体多層膜ミラー305が設けられている。また透明基板301上には左右に支柱302が設けられており、該支柱302の上端面には可撓薄膜307が設けられている。可撓薄膜307の誘電体多層膜ミラー305に対向する下面にはもう1つの誘電体多層膜ミラー306が設けられている。従って、上下2つの誘電体多層膜ミラー305、306間には空隙309が形成されている。さらに可撓薄膜307の上面には一方の電極303と対向するように他方の電極304が設けられている。

50 【0130】このように構成される干渉型光シャッタで

は、図23(a)の状態に示すように、一方の電極303と他方の電極304との間の電源電圧 $V_{gs}$ の供給をOFFとしたとき、上下2つの誘電体多層膜ミラー305、306間の空隙309の間隔は $t_{off}$ となる。また、図23(b)の状態に示すように、一方の電極303と他方の電極304との間の電源電圧 $V_{gs}$ の供給をONとしたとき、上下2つの誘電体多層膜ミラー305、306間の空隙309の間隔は $t_{on}$ となる。即ち、各電極303、304間に電圧 $V_{gs}$ を印加すると、発生したクーロン力によって可撓薄膜307が変形して空隙309の間隔が狭くなる。

【0131】ここで、 $t_{off}$ は可撓薄膜307の成膜時に調整可能であり、また $t_{on}$ の制御は、印加される電圧 $V_{gs}$ と可撓薄膜307が変形したときに発生する復元力のバランスで可能となる。尚、より安定な制御を行うに

$$I_t = \frac{1}{1 + 4R \sin^2 \left[ \frac{2\pi n t \cos \theta_i}{\lambda} \right]} \cdot \frac{1}{(1-R)^2}$$

【0134】ここで、 $t_{on}$ 、 $t_{off}$ を下記のように設定する( $m=1$ )。 $t_{on}=1/2 \times \lambda$  [nm]、 $t_{off}=3/4 \times \lambda$  [nm]、 $\lambda=405$  nmである。また、誘電体多層膜ミラー305、306の光強度反射率 $R=0.9$ とし、入射角 $\theta_i=0$  [deg]とし、空隙309を空気又は希ガスとして屈折率 $n=1$ とする。このときの干渉型光シャッタにおける光強度透過率の波長に対する特性は、電圧 $V_{gs}$ を印加しないとき( $t_{off}$ のとき)は光を全く透過せず、電圧 $V_{gs}$ を印加したとき( $t_{on}$ のとき)には半導体レーザ光の波長405 [nm]を中心とした光を透過するようになる。

【0135】干渉型光シャッタでは、一方の電極303及び他方の電極304との間に電圧 $V_{gs}$ を印加することで発生したクーロン力によって可撓薄膜307を撓ませ、多層膜干渉効果を発生することにより可撓薄膜307を透過する光を光変調することができる。尚、干渉の条件を満たせば、空隙309の間隔 $t$ 、屈折率 $n$ 、誘電体多層膜ミラー305、306の光強度反射率 $R$ 等は何れの組み合わせであってもよい。また、電圧 $V_{gs}$ の値により間隔 $t$ を連続的に変化させると、透過スペクトルの中心波長を任意に変化させることが可能である。これにより透過光量を連続的に制御することも可能である。即ち、印加電圧による階調制御が可能となる。

【0136】全反射型の空間変調素子は、図24及び図25に示すように、メカニカル光タップ駆動構成の例では、ノーマリオン光タップ構成である。ここで、導光プレートメサ326は導光プレート312上のスペーサ348の高さより低い高さを有する。スペーサ348の近くにはライン電極356が設けられている。対応する

は、変位が一定となるように電極303と可撓薄膜307との間にスペーサを形成してもよい。このスペーサを絶縁体とした場合には、その比誘電率(1以上)により印加電圧を低減する効果があり、また導電性とした場合には、さらにこの効果は大きくなる。また、電極303、304とスペーサとを同一材料で形成してもよい。

【0132】また、図22に示すように、光シャッタの面法線と入射光のなす角が $\theta_i$ のとき、干渉型光シャッタの光強度透過率 $I_t$ は次式で与えられる。ここにおい

て、 $R$ は誘電体多層膜ミラー305、306の光強度反射率、 $n$ は空隙309の屈折率(空気の場合に1)、 $t$ は誘電体多層膜ミラー305、306間の空隙309の間隔、 $\lambda$ は光の波長である。

【0133】

【数3】

カラム電極358はメカニカルタップ膜328の上面に配置されている。ノーマリオン構成において、メカニカルタップ膜が備える張力性(tensile nature)により、メサの上方のスペーサ348の高さが増加していることでメカニカルタップ膜は、導光プレートメサ326の上面336から離間された状態に維持される。タップ膜とメサのトップ面336との間の例えば約0.7  $\mu$ mのギャップ $G$ は、導光プレートからの光がタップ膜及び上方の透過基板338に透過することを許さない。この状態(オン状態)では導光プレート312の図中左側から入射した光は右側に出射するため、その出射光を露光に用いることができる。一方、ライン電極356とカラム電極358との間に適切な電位差が印加されると、両電極には引き合う電荷構成(図示せず)が発生する。その結果、可撓性のあるタップ膜328が導光プレート及びライン電極356に引き寄せられる。この正の引力はタップ膜を下方へ撓ませ、これによってタップ膜が動いて導光プレートメサ326のトップ面336に接触する。図25に示すように、この接触はメカニカル光タップをオフにし、これにより、導光プレートメサから出た光が、接触しているメカニカルタップ膜を通り、そこから透過基板338を通して図中上方へ抜けて行く。この状態(オフ状態)では導光プレート312の図中左側から入射した光は右側から出射しないため露光されない。引き合うような電極電位を除くことにより、張力性メカニカルタップ膜は上方に向けて通常の休止位置へスナップバックし、ギャップ $G$ がタップ膜を導光プレートメサのトップ面から離間させることでオン状態に戻る。

【0137】上記第1～第3の実施の形態では、本発明

の露光装置を、液晶カラーフィルタの製造工程におけるフォトリソの露光に適用した例について説明したが、露光対象物は紫外を含む所定波長領域に感度を有する感光材料であれば特に制限はなく、プリント配線基板製造用のフォトリソの露光や、印刷用感光性シリ

ダー、印刷用感光性材料を塗布したシリンドー、及び印刷刷版の露光にも使用することができる。各用途に適用した例を表1に示す。

【0138】

【表1】

	液晶CF露光機 フラットベッド	液晶CF露光機 アウトードラム	PCB露光機 フラットベッド	PCB露光機 アウトードラム
解像度	1 $\mu$ m	1 $\mu$ m	10 $\mu$ m	10 $\mu$ m
露光サイズ	1m $\sim$ 2m	1m	0.7m	0.7m
露光時間	30秒 $\sim$ 90秒	30秒	20秒	10秒
光量/パワー	27W $\sim$ 36W	27W	20W	20W
材料感度	40mJ/cm <sup>2</sup>	40mJ/cm <sup>2</sup>	40mJ/cm <sup>2</sup>	40mJ/cm <sup>2</sup>
露光ヘッド数	100	10	5	2
総チャンネル数	1080 $\times$ 100	1080 $\times$ 10	1080 $\times$ 5	1080 $\times$ 1
1図象記録時間	2 $\mu$ s	0.25 $\mu$ s	7 $\mu$ s	3.8 $\mu$ s

【0139】（参考例）次に、図26を参照して、参考例の露光装置について説明する。この露光装置は、図26に示すように、外部変調器とポリゴン光学系とを備えた露光ヘッドを備えており、外部変調器で変調したレーザ光をポリゴン光学系で偏向して露光対象物に照射する以外は、第1の実施の形態に係る露光装置と同じ構成であるため、同一部分には同じ符号を付して説明を省略する。

【0140】この露光装置では、露光ヘッド14は、高出力なレーザ光源42、コリメータレンズ60、AOM（音響光学変調器）等の外部変調器62、シリンドリカルレンズ64、ポリゴンミラー66、及びf $\theta$ レンズ68で構成された露光ユニットを備えている。レーザ光源42のレーザ光出射側には、従来公知の光ビーム走査装置と同様に、コリメータレンズ60、外部変調器62、及びシリンドリカルレンズ64が配置され、シリンドリカルレンズ64のレーザ光出射側には、外周に多数の光反射面が形成されたN角柱状のポリゴンミラー66が配置されている。ポリゴンミラー66のレーザ光出射側にはf $\theta$ レンズ68が配置されている。

【0141】この露光ユニットを構成する各部材はケーシング58内に収納されており、レーザ光源42、コリメータレンズ60、外部変調器62、シリンドリカルレンズ64、ポリゴンミラー66、及びf $\theta$ レンズ68は、図示しない固定部材によってケーシング58に固定されている。f $\theta$ レンズ68から出射されたレーザ光40は、ケーシング58に設けられた図示しない開口を通過して、露光対象物10の表面に照射される。

【0142】ポリゴンミラー66の回転軸はスキャナモータ70に連結されており、該スキャナモータ70はモータコントローラ32に接続されている。そして、このスキャナモータ70の回転に伴い、ポリゴンミラー66が所定方向に回転される。

【0143】外部変調器62は、変調信号を生成する変調信号生成器74に接続されている。変調信号生成器7

4はクロック信号生成部72に接続されており、クロック信号生成部72は温度検出回路36に接続されている。クロック信号生成部72は、温度検出回路36の検出温度に基づいて一定周波数のクロック信号を生成し、変調信号生成器74に出力する。

【0144】変調信号生成器74は、クロック信号生成部72から入力されたクロック信号に同期したタイミングで、入力された画像データ38に基づいて変調信号を生成し、生成された変調信号を外部変調器62に出力する。また、レーザ光源42は、各々図示しないドライバを介してこれらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0145】次に、この露光装置の動作を説明する。露光対象物10にレーザ光40を照射して露光するため、画像データ38が、変調信号生成器74に入力され、変調信号生成器74内のフレームメモリに一旦記憶される。

【0146】露光ヘッド14のレーザ光源42から出射されたレーザ光は、コリメータレンズ60により平行光化されて外部変調器62に入射される。入射されたレーザ光は、外部変調器62によって変調される。モータコントローラ32がスキャナモータ70を一定速度で回転させると、スキャナモータ70の回転に伴いポリゴンミラー66が所定方向に回転される。外部変調器62によって変調されたレーザ光は、ポリゴンミラー66の反射面で反射され所定方向に偏向されて、f $\theta$ レンズ68を透過して露光対象物10の表面に照射される。

【0147】露光開始時には、露光ヘッド14が露光開始位置（X軸方向及びY軸方向の原点）に移動される。モータコントローラ32が駆動モータ30を一定速度で回転させると、リードスクリュー28も一定速度で回転し、リードスクリュー28の回転に伴い、露光ヘッド14がY軸方向に一定速度で移動される。

【0148】露光ヘッド14のY軸方向への移動と共に、変調信号生成器74によって、フレームメモリに記

憶されている画像データ38が、1ライン分、ポリゴンミラー66が1回転で走査する画素数(走査画素数)と略同数の画素単位で順に読み出され、読み出された画像データ38に応じて変調信号が生成される。生成された変調信号は、外部変調器62に出力される。これによりコリメータレンズ60より入射されたレーザ光はオンオフされ、ポリゴンミラー66により偏向される。そして、露光対象物10が、X軸方向にポリゴンミラー66の走査画素数単位で走査露光されると共に、Y軸方向に1ライン分走査露光される(主走査)。

【0149】露光ヘッド14が露光対象物10の端部に達すると、露光ヘッド14はY軸方向の原点に復帰する。そして、モータコントローラ32が駆動モータ22を一定速度で回転させると、リードスクリュー20も一定速度で回転し、リードスクリュー20の回転に伴い、フラットステージ12がX軸方向に1ステップ移動される(副走査)。以上の主走査及び副走査を繰り返し、露光対象物10が画像様に露光される。

【0150】以上の通り、参考例に係る露光装置では、第1の実施の形態と同様に、高出力のレーザ光源を用いているので、紫外を含む所定波長領域に感度を有する露光対象物を、デジタルデータに基づいて直接走査露光することができ、プロキシミティ方式の露光装置等のマスク露光による露光装置と比べて上記(1)～(6)の利点がある。

【0151】しかしながら、外部変調器とポリゴンミラーとを併用するため装置構成が煩雑となる。また、高耐久性の有る外部変調器が必要となり、装置価格が高く、信頼性も低いものとなってしまう。

【0152】なお、上記では、露光ユニットが単一光源を有する例について説明したが、図27に示すように、複数の光源を有する露光ユニットを用いてもよい。この露光ユニットでは、1つのポリゴンミラー66に対し、4つのレーザ光源42A、42B、42C、42Dと3つのハーフミラーとを備えている。

【0153】この露光ユニットでは、レーザ光源42Aから出射されたレーザ光40Aは、ハーフミラー72Aで反射されてポリゴンミラー66に入射され、ポリゴンミラー66の反射面で反射されて露光対象物10に照射される。レーザ光源42Bから出射されたレーザ光40Bは、ハーフミラー72Bで反射されハーフミラー72Aを透過してポリゴンミラー66に入射され、ポリゴンミラー66の反射面で反射されて露光対象物10に照射される。

【0154】また、レーザ光源42Cから出射されたレーザ光40Cは、ハーフミラー72Cで反射されハーフミラー72B、72Aを透過してポリゴンミラー66に入射され、ポリゴンミラー66の反射面で反射されて露光対象物10に照射される。レーザ光源42Dから出射されたレーザ光40Dは、ハーフミラー72C、72

B、72Aを透過してポリゴンミラー66に入射され、ポリゴンミラー66の反射面で反射されて露光対象物10に照射される。

【0155】このように、レーザ光40A、40B、40C、40Dにより、露光対象物10のY軸方向に異なる位置が同時に走査露光されるので、高速での露光が可能となる。

【発明の効果】本発明によれば、紫外を含む所定波長領域に感度を有する感光材料を、デジタルデータに基づい

10 て直接走査露光することができ、高速且つ高精細な露光装置が提供される、という効果を奏する。また、本発明によれば、安価で生産性が高い露光装置が提供される、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る露光装置の構成を示す斜視図である。

【図2】(A)はガラス基板上にカラーレジスト膜が形成された露光対象物の断面図であり、(B)は(A)の露光後の状態を示す断面図である。

20 【図3】図1に示す露光装置の露光ヘッドの構成を拡大して示す斜視図である。

【図4】(A)は本発明の第1の実施の形態に係る露光装置のレーザ光源の構成を示す平面図であり、(B)はアレイ状に配置したファイバの端面を示す平面図である。

【図5】図4に示すレーザ光源の狭域帯バンドパスフィルタの透過特性を示すグラフである。

30 【図6】光変調アレイ素子として使用されるグレーティングライトバルブ素子(GLV素子)の概略構成を示す斜視図である。

【図7】(A)及び(B)はGLV素子の動作原理の説明図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る露光装置の構成を示す斜視図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る露光装置の構成を示す斜視図である。

【図10】光源における半導体レーザチップの斜視図である。

40 【図11】(A)は光源における半導体レーザチップの平面図であり、(B)は(A)の光軸に沿った断面図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態で使用する光源を示す斜視図である。

【図13】(A)及び(B)は本発明の第4の実施の形態で使用する他の光源の構成を示す斜視図である。

【図14】本発明の露光装置のレーザ光源として使用可能なブロードエリアの発光領域を有するGaN系半導体レーザの積層構造の一例を示す概略断面図である。

50 【図15】本発明の露光装置のレーザ光源として使用可能な半導体レーザ励起固体レーザの構成を示す概略断面

図である。

【図16】本発明の露光装置のレーザ光源として使用可能なFHG（第4高調波発生）ファイバレーザの構成を示す概略断面図である。

【図17】本発明の露光装置のレーザ光源として使用可能なSHG（第2高調波発生）ファイバレーザの構成を示す概略断面図である。

【図18】第1の実施の形態に係る露光装置の露光ヘッドの変形例を示す斜視図である。

【図19】(A)～(C)はデジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)の構成を示す部分拡大図である。

【図20】DMDの動作を説明するための説明図である。

【図21】干渉型の空間変調素子の例を示す平面図である。

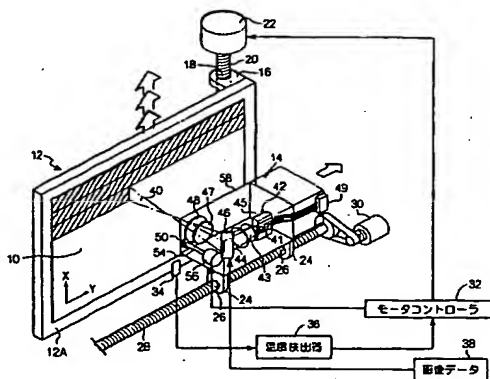
【図22】図21のA-A断面図である。

【図23】図21の干渉型の空間変調素子の動作状態を示す説明図である。

【図24】全反射型の空間変調素子の例を示す概略断面図である。

【図25】図24の全反射型の空間変調素子の動作状態を示す説明図である。

【図1】



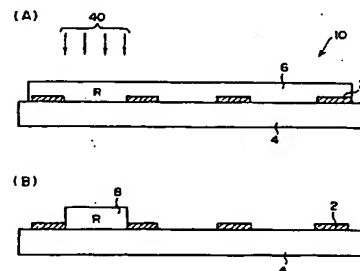
【図26】参考例に係る露光装置の構成を示す斜視図である。

【図27】参考例に係る露光装置の露光ヘッドの変形例を示す斜視図である。

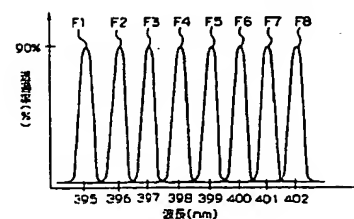
【符号の説明】

- 10 露光対象物
- 12 フラットステージ
- 14 露光ヘッド
- 16、24、50 ナット
- 18、26、52 雌ねじ部
- 20、28、54 リードスクリュー
- 22、30、56 駆動モータ
- 32 モータコントローラ
- 34 温度センサ
- 36 温度検出回路
- 38 画像データ
- 40 レーザ光
- 42 レーザ光源
- 44 レンズ
- 46 光変調アレイ素子
- 48 ズームレンズ

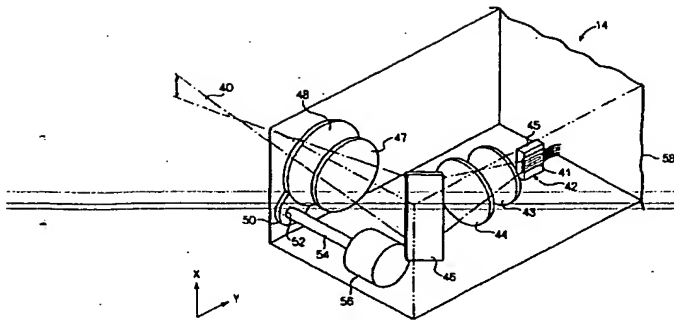
【図2】



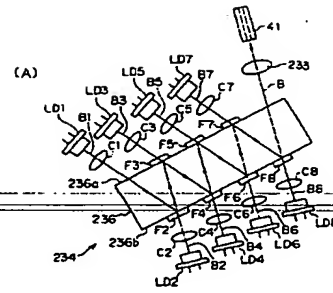
【図5】



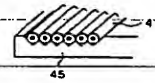
【図3】



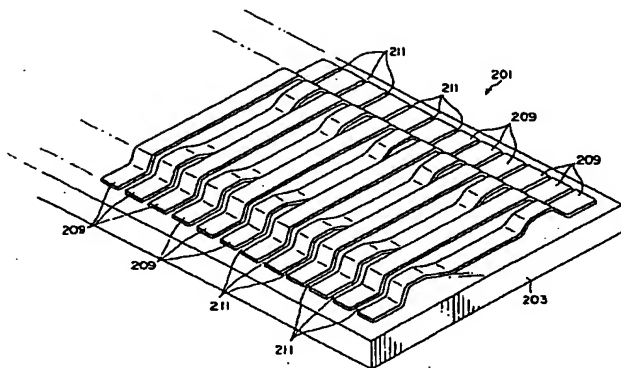
【図4】



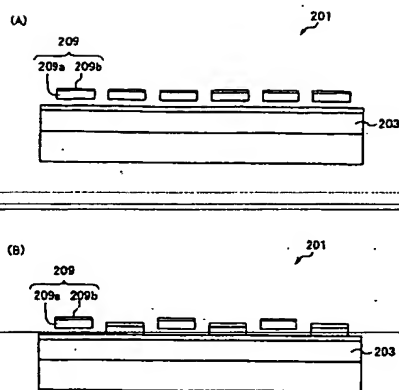
(B)



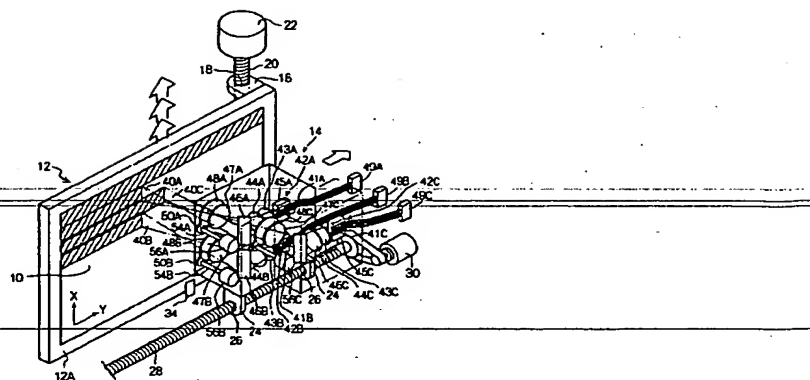
【図6】



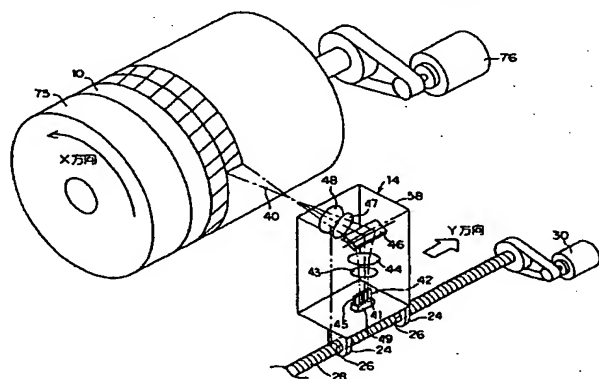
【図7】



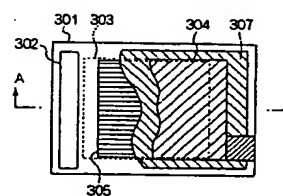
【図8】



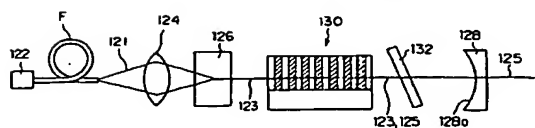
【図9】



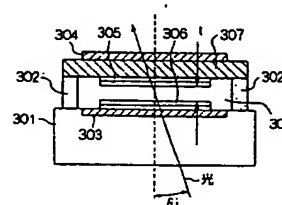
【図21】



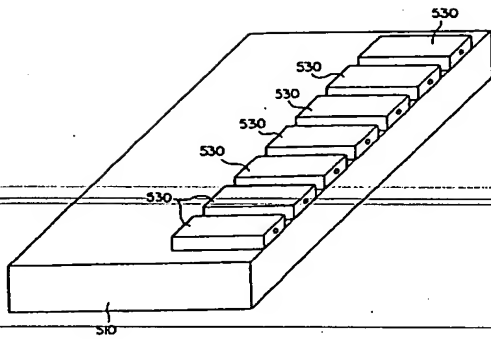
【図15】



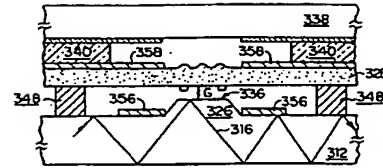
【図22】



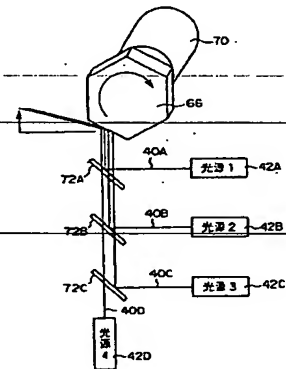
【図10】



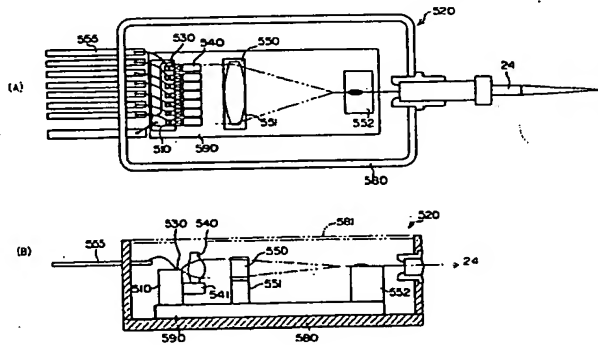
【図24】



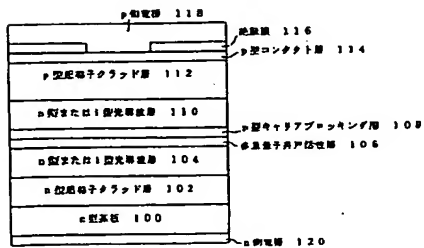
【図27】



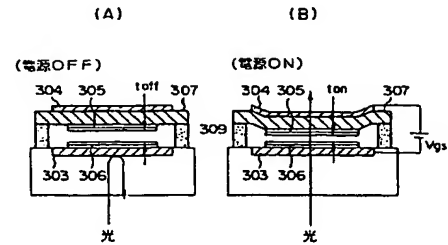
【図11】



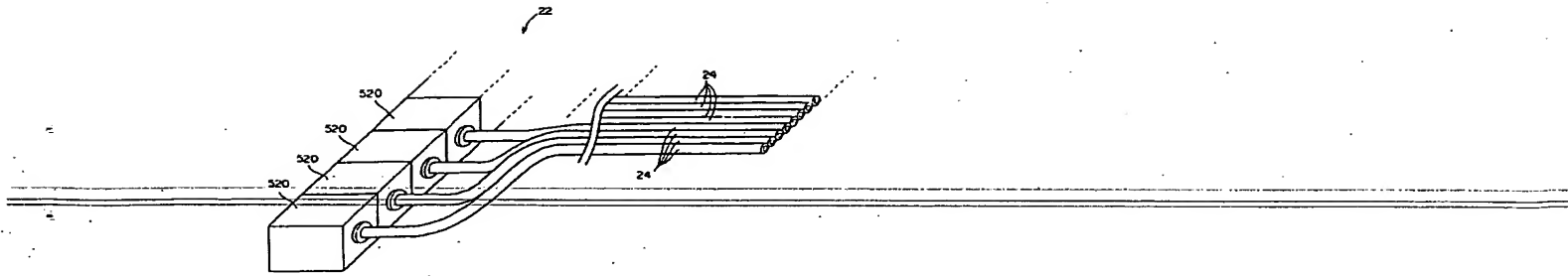
【図14】



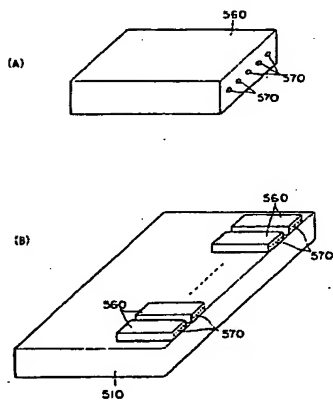
【図23】



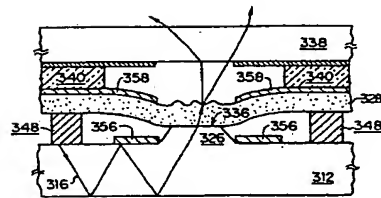
【図12】



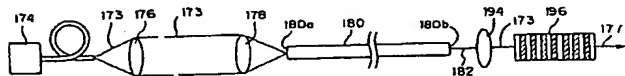
【図13】



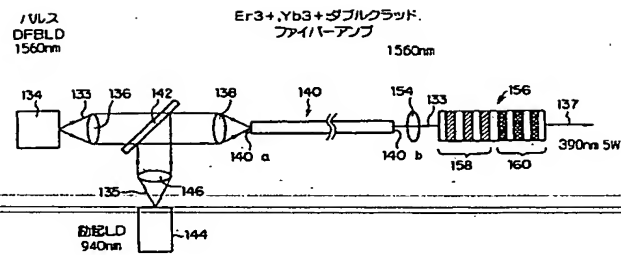
【図25】



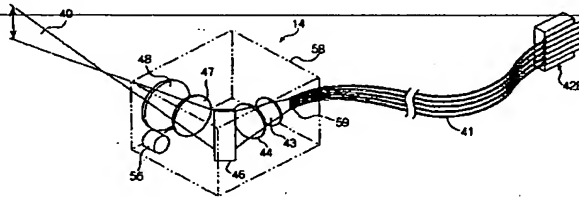
【図17】



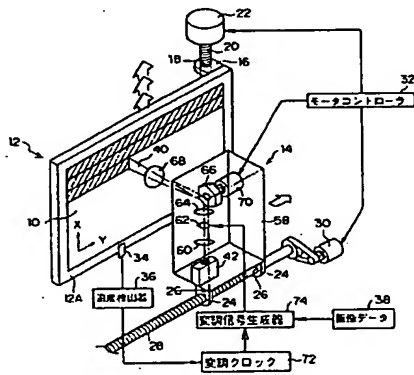
【図16】



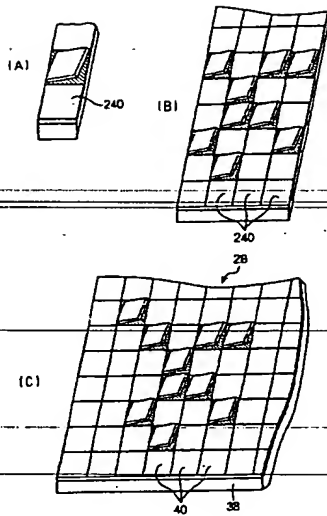
【図18】



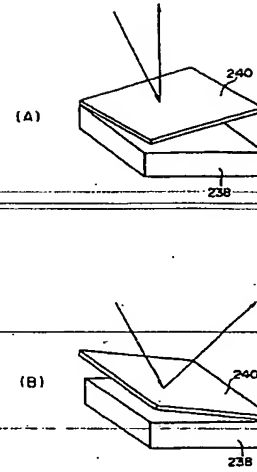
【図26】



【図19】



【図20】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 3 F 7/24

H 0 1 L 21/027

H 0 1 S 3/00

3/094

3/109

F I

H 0 1 S 3/00

3/109

H 0 1 L 21/30

H 0 1 S 3/094

B 4 1 J 3/00

テラート\* (参考)

B 5 F 0 4 6

5 F 0 7 2

5 2 9

S

D

(72) 発明者 沢野 充

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フィルム株式会社内

(72) 発明者 永野 和彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フィルム株式会社内

Fターム(参考) 2C362 AA02 AA10 AA13 AA42 AA43  
AA45 AA48 BA01 BA27 BA29  
BA57 BA58 BA60 BA66 BA67  
BA83 BA84 CB71  
2H041 AA11 AA23 AB14 AB38 AC06  
AZ00 AZ05  
2H088 FA18 FA30 HA12 MA03  
2H097 AA03 AA05 BB02 CA06 CA08  
CA17 FA01 LA12  
2H110 CD12 CD17  
5F046 BA07 CA03 CA09 CB01 CB04  
CB08 CB10 CC15  
5F072 AB07 AB13 AB20 AK06 JJ08  
KK12 MM03 MM18 PP07 QQ02  
RR05 YY09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**